



# الكيهيااء كننز

الجزء الاول

الفصول الثلاث الأولى

الاستاذ

مهند علي السوداني

07703073877



موقع طلاب العراق

# CHEMISTRY

2019



السادس  
الاحيائي



2019



Biochemistry

# الاستاذ مُهَنْد عَلِي السُّودَانِي

07703073877

الجزء الاول

تباع النسخة للطالب  
عشرة الاف دينار



مطبعة المغرب

بغداد - السعدون

بغداد - المتنبي

07702729223

عند اقتناء ملزمتك من دار المغرب تأكد من وجود  
(الجلدة المدورة اللاصقة) في وجه الغلاف غير ذلك تعتبر مزورة



WWW.iQ-RES.COM

الموقع التعليمي الاول على مستوى العراق



موقع طلاب العراق

” ( ... شارك رابط موقعنا ... )  
مع اصدقائك لتعم الفائدة  
ولا تنسونا من صالح دعائكم  
“

نتائج

كتب

ملازم

أخبار

أسئلة

التعليم العالي

وزارة التربية

تابعونا ..



@iQRES



/ iQRES



/ NTAAj.iQ

كل ما ينشر في موقعنا من محتوى هو مجاني ولخدمة الطالب العراقي



# كنز الكيمياء



الاستاذ  
مهند علي السوداني

موقع طلاب العراق

2019

الفصل الاول

## علم الثرموداينمك



المركز التسويقي  
ملازم دار المغرب

07702729223





المركز التسويقي  
ملازم دار المغرب  
07702729223



## الفصل الاول الثرموداينمك

### 1-1 الثرموداينمك

علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل أكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى أنواع أخرى من الطاقات مثل تحويل الطاقة الحرارية الى الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات.

**س / ما هي الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك؟**

- 1- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.
  - 2- التنبؤ بحدوث التغيرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت شروط معينة.
  - 3- حدوث بعض التفاعلات التلقائية وغير التلقائية عند نفس الظروف.
  - 4- سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.
- ملاحظة / لا يهتم علم الثرموداينمك بعامل الزمن الذي يستغرقه التفاعل فهو ينبئ فقط إمكانية حدوث التفاعل من عدمه.

### أنواع الطاقة.

- 1- **الطاقة الكامنة :** هي التي تشمل جميع الطاقة الكيميائية المخزنة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود.
  - 2- **الطاقة الحركية :** هي التي تشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات والطائرات.
- للتوضيح : تتحول الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم تحريك الماء من اعلي الشلال إلى أسفله لأن الطاقة الناتجة وهي الحركية يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية .
- وعليه تم استنتاج القانون الاول ————— (القانون الاول في علم الثرموداينمك)
- (الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر)

### 2-1 وحدات الطاقة ودرجات الحرارة.

**وحدة الجول :** هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز لها ( J ) ويعبر عنه كالآتي

حيث Kg وحدة الكيلو غرام      m وحدة المتر      S وحدة الثانية

$$1J = 1Kg. m^2 / S^2$$

**الطاقة الحركية (KE) :** هي حاصل ضرب نصف الكتلة (Kg) في مربع السرعة { V (m/s) }

$$KE = 1/2 m. V^2$$

**مثال :** إذا تحرك جسم كتلته 4Kg مسافة متر واحد خلال ثانية واحدة فما هي مقدار الطاقة الحركية؟ **الحل**

$$KE = \frac{1}{2} m. V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 4Kg \times (1m/1s)^2 = 2 (kg.m^2/s^2) = 2 J$$



**درجة حرارة الكلفن :** هي درجة الحرارة بوحدة الكلفن (K) ويرمز لها بالحرف T وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الترموداينمك ويتم حسابها من درجة الحرارة السيليزية باستخدام العلاقة التالية

$$T (K) = t (^\circ C) + 273$$

### 3-1 بعض المصطلحات الترموداينمكية

- النظام :** هو عبارة عن جزء معين من الكون يتكون من المادة أو المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية أو تخيلية.
- المحيط :** كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغيرات الفيزيائية أو الكيميائية.
- المجموعة (الكون) :** هي النظام + المحيط .
- النظام المفتوح :** هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثل أناء معدني مفتوح يحتوي ماء مغلي.
- النظام المغلق :** هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل أناء معدني مغلق يحتوي ماء مغلي.
- النظام المعزول :** هو النظام الذي لا تسمح حدوده بتبادل الطاقة ولا المادة مثل الثرموس.
- خواص النظام :** هي المتغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن ملاحظتها أو قياسها مثل عدد مولات المادة أو المواد الموجودة في النظام أو الحالة الفيزيائية مثل الحجم والضغط ودرجة الحرارة.

### 4-1 الحرارة Heat

هي أحد أشكال الطاقة الشائعة في حياتنا اليومية ويرمز لها (q) وهي تمثل انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة .

**درجة الحرارة :** هي مقياس الطاقة الحرارية .

- تتناسب الحرارة المفقودة أو المكتسبة لجسم ما طردياً مع التغير في درجات الحرارة ويرمز للتغير بالرمز ( $\Delta$ ) الذي يوضع قبل رمز الدالة المتغيرة وبالشكل الآتي

$$\Delta T = T_f - T_i$$

حيث  $T_f$  درجة الحرارة النهائية و  $T_i$  درجة الحرارة الابتدائية .

لذا التناسب بين الحرارة (q) والتغير في درجة الحرارة يمكن كتابته على الصورة التالية

$$(q) \propto \Delta T \quad \text{-----1}$$

ويحول التناسب إلى مساواة بضرب  $\Delta T$  بثابت تناسب يدعى السعة الحرارية C

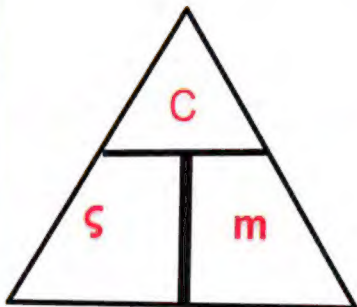
$$(q) = C \cdot \Delta T \quad \text{-----2}$$

وترتبط السعة الحرارية (C) مع الحرارة النوعية (s) بالعلاقة التالية

$$^\circ C = s \times m \quad \text{-----3}$$

وبتعويض معادلة 2 في معادلة 3 نحصل على العلاقة التالية

$$q(J) = s (J/g \cdot ^\circ C) \times m(g) \times \Delta T (^\circ C)$$





س/ ما المقصود بالسعة الحرارية ؟ الحرارة النوعية ؟

**السعة الحرارية :** هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/°C).

**الحرارة النوعية :** هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/g.°C).

### المسائل الخاصة بكمية الحرارة والحرارة النوعية والسعة الحرارية

**مثال 1-1** ما مقدار الحرارة الناتجة بوحدة ( KJ ) من تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870g من 5°C الى 95°C علما ان الحرارة النوعية للحديد 0.45J/g.c ؟

**الحل / نجد التغير في درجات الحرارة**

$$\Delta T = T_f - T_i = (95 - 5) = 90^\circ\text{C}$$

**وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة**

$$q(\text{J}) = \zeta (\text{J/g.}^\circ\text{C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T (^\circ\text{C})$$

$$q(\text{J}) = 0.45 (\text{J/g.}^\circ\text{C}) \times 870(\text{g}) \times 90 (^\circ\text{C}) = 35235 \text{ J}$$

**والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة الحديد بوحدة J K كالتي**

$$q(\text{KJ}) = \frac{35235 \text{ J}}{1000 \text{ J/kJ}} = 35.235 \text{ kJ}$$

**تمرين 1-1** تغيرت درجة حرارة المغنسيوم كتلتها 10g من 25°C الى 45°C مع اكتساب حرارة مقدارها 205 J احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنسيوم ؟

**الحل / نجد التغير في درجات الحرارة**

$$\Delta T = T_f - T_i = (45 - 25) = 20^\circ\text{C}$$

**وباستخدام العلاقة التالية**

$$q(\text{J}) = \zeta (\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C})$$

**منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالتي**

$$\zeta (\text{J/g.C}) = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{205 \text{ J}}{10 \text{ g} \times 20 (\text{C})} = 1.025 (\text{J/g.C}^\circ)$$

**سؤال 9-1** قطعة من الفضة كتلتها 360 g وسعتها الحرارية ( 86J/C° ) احسب حرارتها النوعية ؟

**الحل /**

**ترتبط الحرارة النوعية مع السعة الحرارية بالعلاقة التالية.**

$$C(\text{J/C}^\circ) = \zeta (\text{J/g.C}) \times m(\text{g})$$

$$\zeta = \frac{C}{m} = \frac{86 \text{ J/C}^\circ}{360 \text{ g}} = 0.24 \text{ J/g.C}^\circ$$



**سؤال 10-1** قطعة من النحاس كتلتها 6 g سخنت من 21°C الى 124°C احسب كمية الحرارة بوحدة الكيلو جول (kJ) علما ان الحرارة النوعية للنحاس (0.39 J/g.C)؟  
الحل / نجد التغير في درجات الحرارة .

المعطيات  
q = ? m = 6 g  
T<sub>i</sub> = 21°C T<sub>f</sub> = 124°C  
c = 0.39 J/g.C

$$\Delta T = T_f - T_i = (124 - 21) = 103 \text{ } ^\circ\text{C}$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(\text{J}) = c(\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T(^\circ\text{C})$$

$$q(\text{J}) = 0.39(\text{J/g.C}) \times 6(\text{g}) \times 103(^\circ\text{C}) = 241\text{J}$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة kJ كالآتي

$$q(\text{kJ}) = 241\text{J} \times \frac{1\text{kJ}}{1000\text{J}} = 0.241\text{kJ}$$

**سؤال 11-1** احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدة (kJ) من 350g من الزئبق عند تبريدها من 77°C الى 12°C علما ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14 J/g.C)؟  
الحل / نجد التغير في درجات الحرارة .

المعطيات  
q = ? m = 350 g  
T<sub>i</sub> = 77°C T<sub>f</sub> = 12°C  
c = 0.14 J/g.C

$$\Delta T = T_f - T_i = (12 - 77) = -65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(\text{J}) = c(\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T(^\circ\text{C})$$

$$q(\text{J}) = 0.14(\text{J/g.C}) \times 350(\text{g}) \times -65(^\circ\text{C}) = -3185\text{J}$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة kJ كالآتي

$$q(\text{kJ}) = -3185\text{J} \times \frac{1\text{kJ}}{1000\text{J}} = -3.185\text{kJ}$$

**سؤال 12-1** اذا تم رفع درجة حرارة 34g من الايثانول من 25°C الى 79°C احسب كمية الحرارة الممتصة للايثانول بوحدة (kJ) اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول 2.44 J/g.C  
الحل / واجب الناتج سيكون 4.47984 kJ

WWW.IQ-RES.COM

زوروا موقعنا للمزيد

WWW.IQ-RES.COM



المركز التسويقي



**سؤال 13-1** سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من حرارة 25°C إلى 40°C مما أدى إلى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J احسب الحرارة النوعية لهذه المادة؟

**الحل /** نجد التغير في درجات الحرارة

المعطيات  
 $q = 5700 \text{ J}$     $m = 155 \text{ g}$   
 $T_i = 25^\circ \text{C}$     $T_f = 40^\circ \text{C}$   
 $\zeta = ? \text{ J/g.C}^\circ$

$$\Delta T = T_f - T_i = (40 - 25) = 15^\circ \text{C}$$

وباستخدام العلاقة التالية

$$q(\text{J}) = \zeta (\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C})$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالآتي

$$\zeta (\text{J/g.C}) = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{5700 \text{ J}}{155 \text{ g} \times 15 (\text{C})} = 2.45 (\text{J/g.C}^\circ)$$

**سؤال 14-1** 4.5g من حبيبات الذهب امتصت 276J عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت 25°C احسب الدرجة الحرارية النهائية التي سخنت اليها الحرارة النوعية للذهب (0.13 J/g.C)؟

**الحل /** نستخرج اولا الفرق في درجات الحرارة

$$q(\text{J}) = \zeta (\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C})$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالآتي

$$\Delta T (\text{C}) = \frac{q}{\zeta \times m} = \frac{276 \text{ J}}{0.13 \text{ J/g.C} \times 4.5 \text{ g}} = 471.8 \text{ C}$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$T_f = \Delta T + T_i = 471.8 + 25 = 496.8 \text{ C}^\circ$$

نصيحة: اذا كانت الحرارة الابتدائية او النهائية هي المجهولة اعتبر  $\Delta T$  هي المجهولة

**مثال اضافي 1 /** كتلة معينة من الفضة سخنت فارتفعت درجة حرارتها الابتدائية بمقدار 10°C فاذا علمت ان الحرارة النوعية للفضة 0.24 J/g.C وانها امتصت حرارة مقدارها 0.24 kJ ؟

**مثال اضافي 2 /** 10g من حبيبات المغنسيوم الذي حرارته النوعية 1.02 J/g.C عند تبريدها الى 40°C بعثت حرارة مقدارها 1.02 kJ احسب درجة الحرارة التي كانت عليها حبيبات المغنسيوم؟

**واجب /** الجواب 140°C

جد (1) كتلة الفضة (2) السعة الحرارية للفضة.

ملاحظة: ارتفعت بمقدار يعني انها  $\Delta T$  بالموجب

**الحل /**

$$1) q(\text{J}) = \zeta (\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C}^\circ)$$

$$q(\text{J}) = 0.24 \text{ kJ} \times 1000 \text{ J/kJ} = 240 \text{ J}$$

$$m(\text{g}) = \frac{240 \text{ J}}{0.24 (\text{J/g.C}) \times 10 \text{ C}} = 100 \text{ g}$$

$$2) C(\text{J/C}^\circ) = \zeta (\text{J/g.C}) \times m(\text{g})$$

$$C(\text{J/C}^\circ) = 0.24 (\text{J/g.C}) \times 100 (\text{g}) = 24 (\text{J/C})$$



1-5 حرارة التفاعل (التغير في الانتالبي  $\Delta H$ )

أكثر العمليات الكيميائية تجري عند **ضغط ثابت** وقليل جدا منها يحدث عند حجم ثابت لذلك فإن الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي التي تجري عند ضغط ثابت يجري قياسها بشكل أسهل من عملية قياسها بحجم ثابت

**التغير في الانتالبي  $\Delta H$**  : هي دالة حالة ثرموداينمكية وخاصة شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة المقاسة بثبوت الضغط ( الضغط الجوي) ويرمز لها بالرمز  $H$  ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها حسب العلاقة

$$\Delta H_r = \Delta H (P) - \Delta H (R)$$

انتالبي التفاعلات - انتالبي النواتج = انتالبي التفاعل

فيها حسب العلاقة



## ملاحظات مهمة جدا

- التغير في الانتالبي  $\Delta H$  = حرارة التفاعل المقاسة عند ضغط ثابت أي  $\Delta H = q_p$
- $q_p$  تمثل الحرارة المقاسة تحت ضغط ثابت.
- إذا كانت ( $\Delta H_p$  اصغر من  $\Delta H_r$ ) أي  $\Delta H_r$  لها قيمة سالبة يكون التفاعل **باعث** للحرارة.
- إذا كانت ( $\Delta H_p$  أكبر من  $\Delta H_r$ ) أي  $\Delta H_r$  لها قيمة موجبة يكون التفاعل **ماص** للحرارة.

## 1-6 دالة الحالة

- هي تلك الخاصية أو الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق أو المسار الذي تم من خلاله التغير ومن أمثلة دالة الحالة الانتالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة.
- إن الحرارة والشغل قيمهما تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة وبالتالي فهي لا تعتبر دوال حالة حيث أنها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها من خلالها التغير.
  - لا يمكن قياس القيم المطلقة لدوال الحالة وإنما يمكن قياس مقدار التغير ( $\Delta$ ) لهذه الدوال.

**دالة المسار** : هي التي قيمتها تتغير بتغير ظروف التجربة لذا لا تعتبر دوال حالة لأنها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغير مثل الشغل والحرارة.

## 1-7 الخواص العامة للمواد

تقسم الخواص العامة للمواد الى نوعين:

- 1- **الخواص الشاملة** : وهي تشمل جميع الخواص التي **تعتمد** على كمية المادة الموجودة في النظام مثل السعة الحرارية والانتالبي والانتروبي والطاقة الحرة.
- 2- **الخواص المركزة** : وهي تشمل جميع الخواص التي **لا تعتمد** على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكثافة ودرجة الحرارة والحرارة النوعية.

**علل / الانتالبي يعتبر دالة حالة وهي خاصية شاملة؟**

الجواب / لأنها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انتالبي تفاعل  $2\text{mole}$  من المادة يساوي ضعف التغير في انتالبي تفاعل  $1\text{mole}$  من المادة نفسها.



## 8-1 الكيمياء الحرارية

علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية بمعنى ايسر انها تهتم بحساب انشالي التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية.

كما وضحنا سابقا ان كانت قيم  $\Delta H_r$  سالبة التفاعل باعث للحرارة.

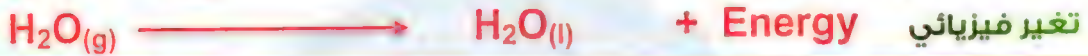
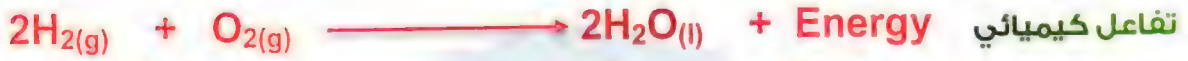
اما ان كانت قيم  $\Delta H_r$  موجبة التفاعل ماص للحرارة.

لاحظ :

اذا اعتبرنا ان التفاعل هو النظام

فالتفاعل الباعث للحرارة (يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط)

كما في التفاعل الكيميائي والتغير الفيزيائي الآتيين .



و التفاعل الماص للحرارة ( فيه يمتص النظام الطاقة الحرارية من المحيط ) كما في ادناه



# عندما تكتب كلمة الطاقة Energy في جهة التفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة إما اذا كتبت في جهة النواتج فالتفاعل باعث للحرارة





## 9-1 قياس انثالبي التفاعل

يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) المتصلة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط جهاز يسمى **المسعّر** توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة يتكون **المسعّر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا** بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعّر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعّر ومحتوياته معروفة



## ملاحظات مهمة قبل الدخول الى مسائل الرياضية الخاصة بالمسعّر الحراري

- 1- المادة التي تدخل في المسعر الحراري يجب ان تكون معلومة عدد المولات او معلومة الكتلة او الكتلة المولية لنستخرج عدد المولات .
- 2- ايجاد كمية الحرارة باستخدام العلاقة التالية اذا كانت السعة الحرارية للمسعّر مهمة  

$$q(J) = C (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T (C)$$
 واذا السعة الحرارية معطاة بالسؤال من العلاقة التالية  $q(J) = C \cdot \Delta T$
- 3- اذا طلب كمية الحرارة المتحررة لا بد ان تكون كمية الحرارة  $q$  قيمة سالبة حتى وان ظهرت موجبة نحولها سالبة بوضع قيمة سالبة امامها.
- 4- ولأنه سيطلب في معظم الأسئلة كمية الحرارة الناتجة من احتراق مول واحد او اكثر او اقل نطبق العلاقة

الملخص السريع  
 1- ايجاد  $\Delta T$   
 2- تطبيق قانون كمية الحرارة  $q$  حسب المعطيات وتحويل بالقيمة السالبة.  
 3- ايجاد عدد مولات المادة الداخلة في المسعر.  
 4- ايجاد  $q$  بوحدة  $J/mol$  باستخدام العلاقة التالية  
 5- تحويلها بوحدة  $KJ/mol$  بالقسمة على  $1000 J/KJ$ .

$q$   
 المستخرج من السؤال المطلوب

$mol$   
 المستخرج من السؤال المعطى لمول او اكثر

- 5- طالما ان الحرارة الناتجة تم قياسها في المسعر المفتوح بثبوت الضغط فإنها تمثل انثالبي التفاعل  $\Delta H$ .

أعظم مصائب الجهل أن يجهل الجاهل جهله.



**مثال 2-1** باستخدام المسعر الحراري وضعت 3g من مركب الكلوكوز كتلته المولية (180g/mole) في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 1200 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية 21.0C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 25.5C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من الكلوكوز . علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

m المادة = 3 g  
M المادة = 180 g/mol  
m الماء = 1200 g  
C الماء = 4.2 J/ g.C°  
T<sub>f</sub> = 25.5 C°  
T<sub>i</sub> = 21 C°  
q = ? kJ/mol

نحسب اولا التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 25.5 - 21.0 = 4.5 \text{ C}^\circ$$

$$q(\text{J}) = c (\text{J/g.C}^\circ) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C}^\circ)$$

$$q(\text{J}) = 4.2 (\text{J/g.C}^\circ) \times 1200(\text{g}) \times 4.5 (\text{C}^\circ) = 22680 \text{ J}$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} = \frac{3\text{g}}{180 \text{ g/mol}} = \frac{1\text{g}}{60 \text{ g/mol}} = 0.0166\text{mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

$$\begin{array}{ccc} q & & \text{mol} \\ -22680 & \leftarrow & 0.0166 \\ X & & 1 \end{array}$$

$$X = \frac{-22680 \text{ J}}{0.0166 \text{ mol}} = -1366265 \text{ J/mol} = \Delta H$$

$$q(\text{kJ/mol}) = -1366265 \text{ J/mol} \times \frac{1(\text{kJ})}{1000\text{J}} = -1366.265 \text{ kJ/mol}$$

**تمرين 2-1** اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) كتلته المولية (32g/mole) في مسعر مفتوح يحتوي 1000 g من الماء الحرارة النوعية للماء (4.2 J/g.C°) فان درجة الحرارة ترتفع من 24.6C° الى 28.2C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mol من الهيدرازين . علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

m المادة = 3 g  
M المادة = 32 g/mol  
m الماء = 1000 g  
C الماء = 4.2 J/ g.C°  
T<sub>f</sub> = 28.2 C°  
T<sub>i</sub> = 24.6 C°  
q = ? kJ/mol

نحسب اولا التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 28.2 - 24.6 = 3.6 \text{ C}^\circ$$

$$q(\text{J}) = c (\text{J/g.C}^\circ) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C}^\circ)$$

$$q(\text{J}) = 4.2 (\text{J/g.C}^\circ) \times 1000(\text{g}) \times 3.6 (\text{C}^\circ) = 15120 \text{ J}$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} = \frac{3\text{g}}{32 \text{ g/mol}} = 0.094\text{mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

$$\begin{array}{ccc} q & & \text{mol} \\ -15120 & \leftarrow & 0.094 \\ X & & 1 \end{array}$$

$$X = \frac{-15120 \text{ J}}{0.094 \text{ mol}} = -160851 \text{ J/mol} = \Delta H$$

$$q(\text{kJ/mol}) = -160851 \text{ J/mol} \times \frac{1(\text{kJ})}{1000\text{J}} = -160.851 \text{ kJ/mol}$$



**السؤال 17-1** من اسئلة الفصل اذا تم حرق عينة كتلتها  $1.5 \text{ g}$  من حامض الخليك كتلته المولية ( $60 \text{ g/mol}$ ) في مسعر يحتوي  $750 \text{ g}$  من الماء ( الحرارة النوعية للماء  $4.2 \text{ J/g.C}^\circ$ ) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من  $24^\circ\text{C}$  الى  $28^\circ\text{C}$  احسب كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

**الحل** نحسب اولا التغير في درجات الحرارة

المعطيات

$m \text{ المادة} = 1.5 \text{ g}$   
 $M \text{ المادة} = 60 \text{ g/mol}$   
 $m \text{ الماء} = 750 \text{ g}$   
 $C \text{ الماء} = 4.2 \text{ J/g.C}^\circ$   
 $T_f = 28^\circ\text{C}$   
 $T_i = 24^\circ\text{C}$   
 $q = ? \text{ J/mol}$

$$\Delta T = T_f - T_i = 28 - 24 = 4^\circ\text{C}$$

$$q(\text{J}) = C (\text{J/g.C}) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C})$$

$$q(\text{J}) = 4.2 (\text{J/g.C}) \times 750(\text{g}) \times 4 (\text{C}) = 12600 \text{ J}$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لا بد ان تكون القيمة سالبة اي  $q = -12600 \text{ J}$  نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} = \frac{1.5\text{g}}{60 \text{ g/mol}} = \frac{15\text{g}}{600 \text{ g/mol}} = \frac{1\text{g}}{40 \text{ g/mol}} = 0.025\text{mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق  $1 \text{ mol}$  من الكلوكوز =

$$\begin{array}{ccc} q & & \text{mol} \\ -12600 & \xleftarrow{\quad} & 0.025 \\ X & & 1 \end{array}$$

$$X = \frac{-12600 \text{ J}}{0.025 \text{ mol}} = -504000 \text{ J/mol} = \Delta H$$

**السؤال 16-1** من اسئلة الفصل عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية تساوي  $2.4 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$  فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار  $0.12^\circ\text{C}$ . احسب التغير في الانثالبي لذلك التفاعل بوحدة  $\text{J}$ .

المعطيات

$C = 2.4 \text{ kJ/}^\circ\text{C}$   
 $\Delta T = 0.12^\circ\text{C}$   
 $\Delta H_{(J)} = ? \text{ J}$

$$\Delta H = q_p = C \cdot \Delta T$$

$$\Delta H = 2.4 \text{ kJ/}^\circ\text{C} \times 0.12^\circ\text{C} = 0.288 \text{ kJ} = -0.288 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_{(J)} = -0.288 \text{ kJ} \times 1000 \text{ J/kJ} = -288 \text{ J}$$

ملاحظة 1 باستخدامنا هذه العلاقة  $\Delta T = C \cdot q$  لأنه اعطى في السؤال السعة الحرارية للمسعر ولم يعطي كتلة او حرارة نوعية  
 ملاحظة 2 كلمة ترتفع بمقدار يعني انه اعطى  $\Delta T$  مباشرة وبالقيمة الموجبة (اما اذا قال انخفضت بمقدار اي  $\Delta T$  بالقيمة السالبة)  
 ملاحظة 3- هنا اراد فقط التغير في الانثالبي وليس كمية حرارة محترقة من مول واحد من المادة.

انتبه جيدا

- 1- ليس دائما تكون الخطوات المسعر ثابتة ربما يعطى عدد المولات مباشرة ربما يعطى الفرق في درجات الحرارة
- 2- ليس دائما يطلب كمية الحرارة الناتجة من حرق مول واحد ربما اكثر من مول او حتى اقل من مول.
- 3- ربما يعطى كمية الحرارة المنبعثة من حرق مول واحد ويكون المجهول كتلة المادة الداخلة في التفاعل او كتلتها المولية او حتى يطلب كتلة الماء او الفرق في درجات الحرارة.
- 4- من اغلب الاسئلة المكررة لما تحول الاشارة الموجبة سالبة والسبب لان ما يحدث في المسعر احتراق وكل عمليات الاحتراق باعثة



## مسائل اثرائية في المسعر

**مثال إضافي 3** اذا تم حرق 0.2 mol من حامض عضوي في مسعر يحتوي 1.2 Kg من الماء ( الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C° ) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 34C° الى 36C° احسب كمية الحرارة بوحدة KJ التي تبتعث نتيجة احتراق 2mol من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة .

**الحل** نحسب اولا التغير في درجات الحرارة

المعطيات

n المادة = 0.2 mol  
m الماء = 1.2 Kg  
C الماء = 4.2 J/ g.C°  
T<sub>f</sub> = 36 C°  
T<sub>i</sub> = 34 C°  
q = KJ

$$\Delta T = T_f - T_i = 36 - 34 = 2 \text{ C}^\circ$$

$$m(\text{الماء})_g = 1.2 \text{ Kg} \times 1000 \text{ g/kg} = 1200 \text{ g}$$

$$q(\text{J}) = C (\text{J/g.C}^\circ) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C}^\circ)$$

$$q(\text{J}) = 4.2 (\text{J/g.C}^\circ) \times 1200(\text{g}) \times 2 (\text{C}^\circ) = 10080 \text{ J}$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي q = -10080 J وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 2mol من الحامض العضوي =

$$\begin{array}{ccc} q & & \text{mol} \\ -10080 & \leftarrow & 0.2 \\ \times & & 2 \end{array}$$

$$X = \frac{-10080 \times 2 \text{ mol}}{0.2 \text{ mol}} = -100800 \text{ J} = \Delta H$$

لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q(\text{kJ}) = -100800 \text{ J} \times \frac{1(\text{kJ})}{1000} = -100.8 \text{ kJ}$$

**مثال إضافي 4** اذا تم حرق 3 g من مركب عضوي كتلته المولية ( 60g/mole ) في مسعر يحتوي 800 g من الماء ( الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C° ) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته بمقدار 6.5C° احسب كمية الحرارة بوحدة KJ التي تبتعث نتيجة احتراق 0.5mol من المركب علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة . واجب للتأكد من صحة ذلك الناتج سيكون -218.4kJ







**مثال إضافي 5:** باستخدام المسعر الحراري وضعت 34.2g من مركب عضوي في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 900 g من الماء ( الحرارة النوعية للماء  $4.2 \text{ J/g.C}^\circ$  ) وكانت درجة الحرارة الابتدائية  $27^\circ\text{C}$  احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر  $29.5^\circ\text{C}$  وان كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من المركب العضوي كانت 94.5 ما هي الكتلة المولية للمركب العضوي علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

**الحل:** نحسب أولا التغير في درجات الحرارة

المعطيات

$m \text{ المادة} = 34.2 \text{ g}$   
 $M \text{ المادة} = ? \text{ g/mol}$   
 $m \text{ الماء} = 900 \text{ g}$   
 $\zeta \text{ الماء} = 4.2 \text{ J/g.C}^\circ$   
 $T_i = 27^\circ\text{C}$   
 $T_f = 29.5^\circ\text{C}$   
 $q = -94.5 \text{ KJ}$

$$\Delta T = T_f - T_i = 29.5 - 27 = 2.5^\circ\text{C}$$

$$q(\text{J}) = \zeta (\text{J/g.C}^\circ) \times m(\text{g}) \times \Delta T (\text{C}^\circ)$$

$$q(\text{J}) = 4.2 (\text{J/g.C}^\circ) \times 900(\text{g}) \times 2.5 (\text{C}^\circ) = 9450 \text{ J}$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي  $q = -9450 \text{ J}$

$$q(\text{kJ}) = -9450 \text{ J} \times \frac{1(\text{kJ})}{1000\text{J}} = -9.45\text{kJ} \leftarrow \text{تحويل الى وحدة kJ}$$

ولنستخرج الكتلة المولية للمركب العضوي يجب ان نعرف مولاته الداخلة في بداية التفاعل وعليه ستكون العلاقة بالشكل التالي

$$\begin{array}{ccc} q & & \text{mol} \\ -9.45 & \swarrow \quad \searrow & X \\ -94.5 & \swarrow \quad \searrow & 1 \end{array}$$

$$X = \frac{-9.45 \text{ kJ} \times 1 \text{ mol}}{-94.5 \text{ kJ}} = 0.1 \text{ mol}$$

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} \Rightarrow M = \frac{m(\text{g})}{n(\text{mol})} \Rightarrow M = \frac{34.2(\text{g})}{0.1(\text{mol})} = 342 \text{ g/mol}$$

**مثال إضافي 6:** تم حرق عينة معينة من حامض الخليك كئلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 1000 g من الماء ( الحرارة النوعية للماء  $4.2 \text{ J/g.C}^\circ$  ) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر بمقدار  $6^\circ\text{C}$  وكانت كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض  $126\text{kJ} =$  احسب كتلة الحامض التي تم حرقها. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة

**الجواب:** واجب للتأكد من صحة حلك الناتج سيكون 12g



## 10-1 المعادلة الكيميائية الحرارية

هي المعادلة التي تعبر عن التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية وهي تختلف عن كتابة المعادلات الكيميائية الأخرى. س/ ما هي الأمور التي يجب أن توضحها المعادلة الكيميائية الحرارية؟

1. إشارة التغير في الانثالي المصاحبة للتفاعل الكيميائي أو التغير الفيزيائي أي أن تكون ذات إشارة موجبة أو سالبة فالإشارة الموجبة تعني أن التفاعل ماص للحرارة كما في معادلة انصهار الجليد.



وهذا يعني أنه تم امتصاص حرارة مقدارها 6kJ/mol عند درجة حرارة 25°C ضغط 1atm ويمكن كتابة الحرارة الممتصة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع المتفاعلات



أما الإشارة السالبة تعني أن التفاعل باعث للحرارة كما في التفاعل الآتي



وهذا يعني أنه تم تحرر (انبعاث) حرارة مقدارها 890 KJ/mol عند درجة حرارة 25°C ضغط 1atm ويمكن كتابة الحرارة المنبعثة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع النواتج



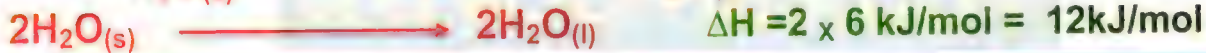
2. يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل (علل) بسبب أن كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة (( والمثال أدناه يوضح ذلك



3. إذا تم عكس العملية بإشارة الانثالي تتغير من الموجب إلى السالب وبالعكس.



4. عند ضرب أو قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب أن تجري نفس العملية على قيمة الانثالي.



خلاصة مهمة جداً جداً ركز عليها مهمة جداً

1. إذا كان التفاعل ماص هذا يعني أن إشارة  $\Delta H$  موجبة أو أن كمية الحرارة توضع في جهة المتفاعلات وكمية الحرارة أما تكتب كلمة طاقة أو إشارة موجب ومعها رقم ووحدة kJ/mol أو kJ/mol

2. إذا كان التفاعل باعث هذا يعني أن إشارة  $\Delta H$  سالبة أو أن كمية الحرارة توضع في جهة النواتج وكمية الحرارة أما تكتب كلمة طاقة أو إشارة موجب ومعها رقم ومعها وحدة kJ/mol أو kJ/mol

زينت الرجل في عقله، وهيبته في حكمته، وفطنته في حنكته، وجماله في فكره.



## 11-1 انثالبي التفاعل القياسية

عندما يتم قياس قيمة الانثالبي عند ظروف قياسية والتي هي درجة الحرارة  $25^{\circ}\text{C}$  ( $298\text{K}$ ) وضغط  $1\text{atm}$  تسمى القيمة القياسية الانثالبي القياسية ويرمز لها بالرمز  $\Delta H^{\circ}$ .

**السؤال (18-1)** من أسئلة الفصل / ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي أوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات؟  
**الجواب /** الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة الحرارة  $25^{\circ}\text{C}$  ( $298\text{K}$ ) وضغط  $1\text{atm}$ .  
 الظروف القياسية في الغازات هي درجة الحرارة  $0^{\circ}\text{C}$  ( $273\text{K}$ ) وضغط  $1\text{atm}$ .

## 12-1 أنواع الانثالبيات

انثالبي التغيرات الفيزيائية

انثالبي الاحتراق القياسية  $\Delta H_c^{\circ}$

انثالبي التكوين القياسية  $\Delta H_f^{\circ}$

( تبخر  $\Delta H$  , تكثيف  $\Delta H$  , انصهار  $\Delta H$  , انجماد  $\Delta H$  )

**1- انثالبي التكوين القياسية  $\Delta H_f^{\circ}$**  :- هي الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة باثبات صورها في الظروف القياسية ( $25^{\circ}\text{C}$  وضغط  $1\text{atm}$ ).

- تعني بالعناصر باثبات صورها اي حالتها القياسية فالهيدروجين تكون حالته الغازية هي الاثبات والزئبق السائل والمغنسيوم الصلب هي الصور الاثبات لانها تمثل الحالات الموجودة تحت الظروف القياسية
- الكربون له اكثر من صورة مثل الكرافيت (graphite) والماس (diamond) ولكن الكرافيت هي الاثبات.
- الكبريت له اكثر من صورة مثل المعيني (rhombic) والموشوري (orthorhombic) ولكن المعيني هي الاثبات.
- تم الاتفاق دوليا ان قيمة  $\Delta H_f^{\circ}$  لجميع العناصر في حالتها القياسية = صفر. وعليه اضافة الى العناصر التي مرت الكلور  $\text{Cl}_2$  والفلور  $\text{F}_2$  والأكسجين  $\text{O}_2$  والنيتروجين  $\text{N}_2$  والبروم  $\text{Br}_2$  واليود الصلب  $\text{I}_2$ . قيمة  $\Delta H_f^{\circ}$  لها = صفر.

امثلة لبعض التفاعلات توضح تكوين المواد من اثبات صورها



علل / ظهور كسور في المعادلة الحرارية؟

ج / لان المركب المتكون يجب ان يكون مول واحد لذا نلجأ لتغيير عدد مولات المواد المتفاعلة.

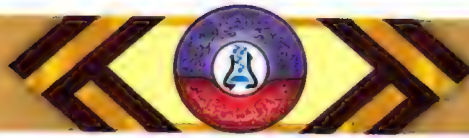
(مهم جدا) ان  $\Delta H_f^{\circ} = \Delta H_r^{\circ}$  حينما يتكون مول واحد من المادة ومن عناصرها الاساسية. ولكن حينما يكون المتكون اكثر من مول فان  $\Delta H_f^{\circ}$  لا تساوي  $\Delta H_r^{\circ}$



لاحظ المثال التالي  
 عند النظر الى المعادلة نجد ان مولين من  $\text{HBr}$  قد تكون نتيجة هذا التفاعل لذا فان نصف الحرارة اي -36 يجب ان تبعث عند تكوين مول واحد من  $\text{HBr}$  وهذا تم استنتاجه بعد قسمة المعادلة على 2  
 وعليه في حال تكوين اكثر من مول وجدت علاقة بين  $\Delta H_r^{\circ}$  و  $\Delta H_f^{\circ}$  وهي كالآتي

$$\Delta H_f^{\circ} = \frac{\Delta H_r^{\circ}}{n_{\text{المادة المتكونة}}} \longrightarrow \Delta H_r^{\circ} = \Delta H_f^{\circ} \times n_{\text{المادة المتكونة}}$$





**مثال 3-1** إذا علمت ان انثالي التكوين القياسية للبنزين  $C_6H_6$   $49KJ/mol = \Delta H_f^\circ$

أكتب المعادلة الحرارية بحيث تكون  $\Delta H_r^\circ$  مساوية الى  $\Delta H_f^\circ (C_6H_6)$

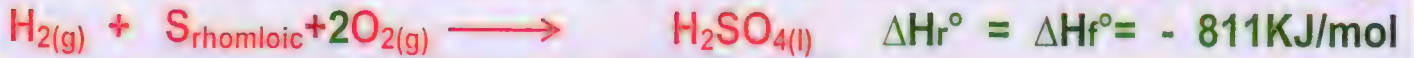
**الحل** / ليتساوي  $\Delta H_r^\circ$  مع  $\Delta H_f^\circ$  لابد من تكون مول واحد من البنزين من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية



**تمرين 3-1** إذا علمت ان انثالي التكوين القياسية  $(H_2SO_4)$   $-811KJ/mol = \Delta H_f^\circ$  أكتب

المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون  $\Delta H_r^\circ$  مساوية الى  $\Delta H_f^\circ (H_2SO_4)$

**الحل** / ليتساوي  $\Delta H_r^\circ$  مع  $\Delta H_f^\circ$  لابد من تكون مول واحد من حامض الكبريتيك من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية



**مثال 4-1** أي من التفاعلات التالية تساوي قيمة الانثالي التفاعل القياسية  $\Delta H_r^\circ$  لها

قيمة انثالي التكوين القياسية  $\Delta H_f^\circ$  للمركبات المتكونة؟

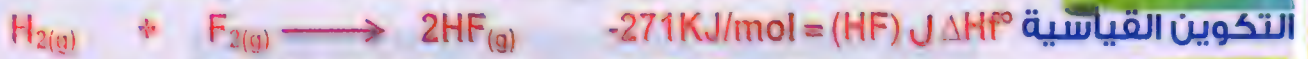


التفاعل (1)  $\Delta H_r^\circ$  لا تساوي  $\Delta H_f^\circ$  لان الناتج هو 2 مول ويجب ان يكون الناتج 1 مول.

التفاعل (2)  $\Delta H_r^\circ$  تساوي  $\Delta H_f^\circ$  لتوفر الشروط وهما تكوين مول واحد من  $CO_2$  من عناصره الأساسية.

التفاعل (3)  $\Delta H_r^\circ$  لا تساوي  $\Delta H_f^\circ$  لان  $CO$  مركب وليس عنصر بأثبت صورته .

**تمرين 4-1** احسب انثالي التفاعل القياسية للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالي



**الحل** / ان انثالي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2

مول من  $HF$  لذا يجب ضرب قيمة  $\Delta H_f^\circ (HF)$  في 2 لنحصل على قيمة  $\Delta H_r^\circ$

$$\Delta H_r^\circ = 2mol \times \Delta H_f^\circ = 2mol \times -271 kJ / mol = -542 kJ$$

**تمرين 5-1** احسب انثالي التفاعل القياسية  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل التالي



إذا علمت ان انثالي التكوين القياسية  $\Delta H_f^\circ$  ل  $(Al_2O_3)$   $-1670 KJ/mol$

**الحل** / ان انثالي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول

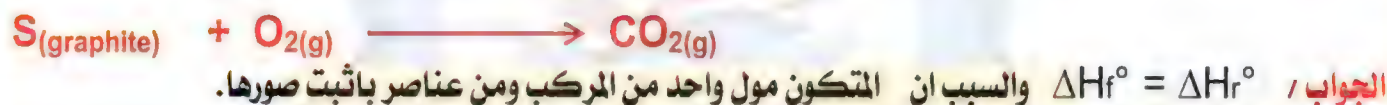
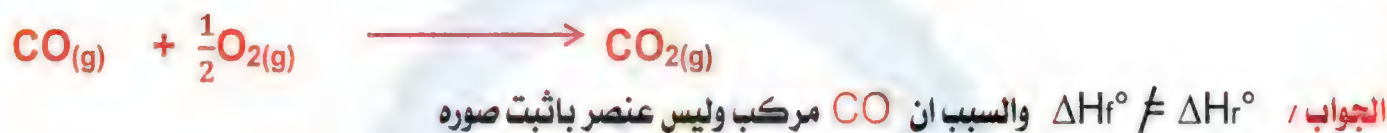
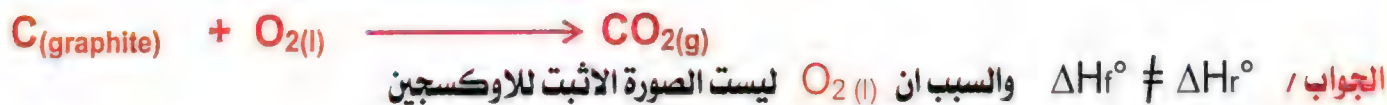
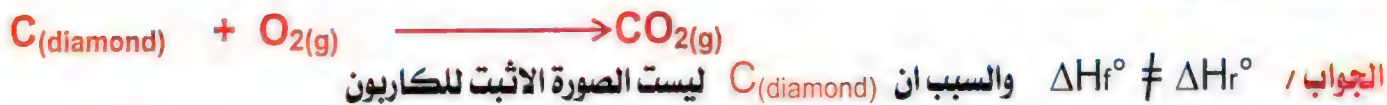
من  $Al_2O_3$  لذا يجب ضرب قيمة  $\Delta H_f^\circ (Al_2O_3)$  في 2 لنحصل على قيمة  $\Delta H_r^\circ$

$$\Delta H_r^\circ = 2mol \times \Delta H_f^\circ = 2mol \times -1670 kJ / mol = -3340 kJ$$

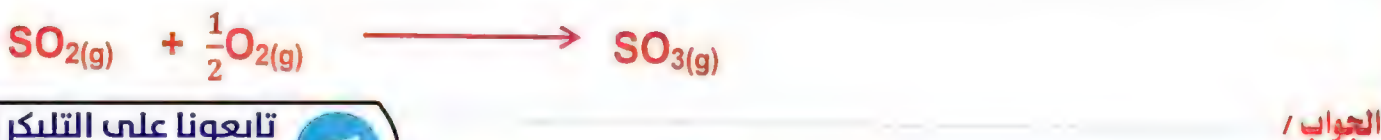
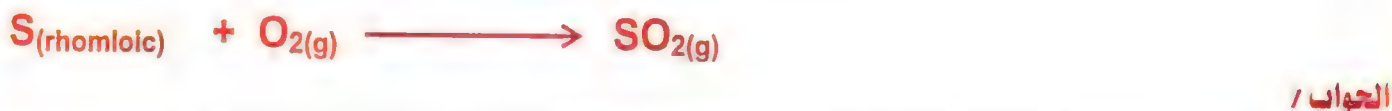
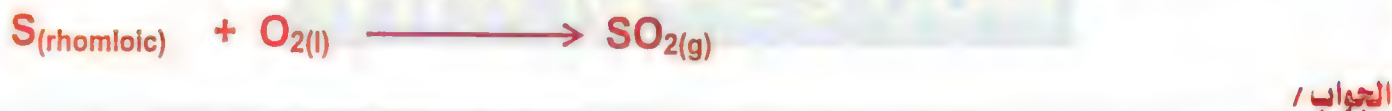
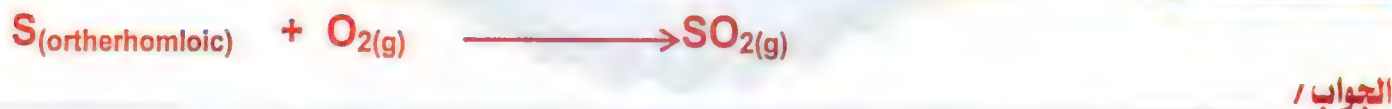




سؤال إضافي 7 اي من المعادلات التالية فيها  $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$  مع بيان السبب في الحالتين



سؤال إضافي 8 اي من المعادلات التالية فيها  $\Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ$  مع بيان السبب في الحالتين واجب



تابعونا على التليكرام

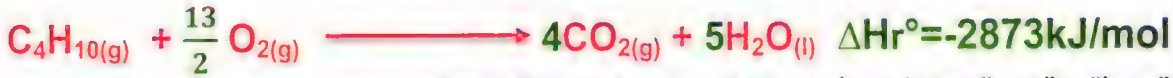
@iQRES





2- **انثالبي الاحتراق القياسية**  $\Delta H_c^\circ$  :- هي الحرارة المتحررة من حرق **مول واحد** من اي مركب حرقا تاما في الأوكسجين في الظروف القياسية ( $25^\circ\text{C}$  و **ضغط 1 atm**) ويرمز لها  $\Delta H_c^\circ$ .

ان تفاعلات الاحتراق تشمل تفاعل المواد ( الوقود ) مع الأوكسجين فمثلا في النظام البايولوجي حيث الغذاء هو الوقود وعند حرقه داخل الجسم تتحول المواد الكربوهيدراتية الى سكر الكلوكوز لتزويد الجسم بالطاقة.  
ان احد طرق تدفئة المنازل او طبخ الطعام هي حرق غاز البيوتان حيث ان حرق مول واحد منه يحرر طاقة مقدارها **2873 kJ** من الطاقة حسب المعادلة التالية .



او ان معظم السيارات تسير نتيجة لحرق الكازولين في محركاتها كما في المعادلة التالية



ان حرق نواتج العناصر مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها  
ان حرق نواتج الاكاسيد الصغيرة مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها الاكبر  
أما حرق المواد العضوية يؤدي دائما غاز ثنائي اوكسيد الكربون و الماء السائل  
ولضبط موازنة المعادلة الكيميائية لحرق المواد العضوية تتبع القاعدة التالية .



لحساب الأوكسجين نتبع ما يلي :-

1. اذا كان المركب العضوي المحترق لا يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الأوكسجين في طرف النواتج ونقسم الناتج على 2 **لاحظ المعادلتين ادناه.**



نجد اذا كان المركب العضوي يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الأوكسجين في طرف النواتج ونطرح منه عدد ذرات الأوكسجين الموجودة في المركب العضوي ونقسم ما تبقى من الناتج على 2 **لاحظ المعادلتين ادناه.**



**س/ ما هي شروط تساوي انثالبي الاحتراق القياسية مع انثالبي التفاعل القياسية؟**

**ج/** ان الشرط الأساسي لتساوي انثالبي التفاعل القياسية  $\Delta H_r^\circ$  مع انثالبي الاحتراق القياسية  $\Delta H_c^\circ$  هي حرق **مول واحد** من المادة مع كمية وافرة من **الأوكسجين** لذا جميع التفاعلات اعلاه  $\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ$  لأنها تمثل حرق **مول واحد** من المواد .  
وعليه في حال اذا المحترق **اكثر من مول** وجدت علاقة بين  $\Delta H_r^\circ$  و  $\Delta H_c^\circ$  وهي كالآتي

$$\Delta H_c^\circ = \frac{\Delta H_r^\circ}{n_{\text{المادة المحترقة}}} \longrightarrow \Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ \times n_{\text{المادة المحترقة}}$$

**ان جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة**





مثال 5-1 اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكحول الايثيلي السائل (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) اذا علمت ان  $\Delta H^\circ_c = -1367 \text{ kJ/mol}$  ؟

الحل /



تمرين 6-1 اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) علما ان  $\Delta H^\circ_c = -2219 \text{ kJ/mol}$

الحل /



السؤال (20-1) من أسئلة الفصل احسب التغير في انثالي التكوين القياسية (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) والتغير في انثالي الاحتراق القياسية (Al) في التفاعل الآتي؟



لحساب  $\Delta H^\circ_f$  (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) يجب ان يكون المتكون 1mol من Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> من عناصر بأثبت صورها وعليه

$$\Delta H^\circ_f = \frac{\Delta H^\circ_r}{n} = \frac{-3340 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = -1670 \text{ kJ/mol}$$

لحساب  $\Delta H^\circ_c$  (Al) يجب ان يتم حرق 1mol من Al وعليه

$$\Delta H^\circ_c = \frac{\Delta H^\circ_r}{n} = \frac{-3340 \text{ kJ/mol}}{4 \text{ mol}} = -835 \text{ kJ/mol}$$

مثال اضافي 9 احسب التغير في انثالي التكوين القياسية (H<sub>2</sub>O) وانثالي الاحتراق القياسية (H<sub>2</sub>) في التفاعل التالي



لحساب  $\Delta H^\circ_f$  (H<sub>2</sub>O) يجب ان يكون المتكون 1mol من H<sub>2</sub>O من عناصر بأثبت صورها وعليه

$$\Delta H^\circ_f = \frac{\Delta H^\circ_r}{n} = \frac{-572 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = -286 \text{ kJ/mol}$$

لحساب  $\Delta H^\circ_c$  (H<sub>2</sub>) يجب ان يتم حرق 1mol من H<sub>2</sub> وعليه

$$\Delta H^\circ_c = \frac{\Delta H^\circ_r}{n} = \frac{-572 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = -286 \text{ kJ/mol}$$

مثال اضافي 10 احسب التغير في انثالي التكوين القياسية (Na<sub>2</sub>O) وانثالي الاحتراق القياسية (Na) في التفاعل التالي (واجب)





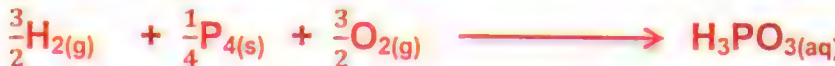
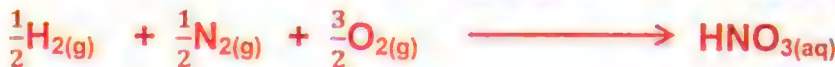


**مثال إضافي 11** اكتب معادلة تكوين كل من

1- حامض النتريك  $\text{HNO}_3$  2- حامض الفسفوروز  $\text{H}_3\text{PO}_3$  3- حامض البروبانويك  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$

بحيث ان  $\Delta H_r^\circ = \Delta H_f^\circ$

4- كلوريد البيوتيل  $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$  5- الامونيا  $\text{NH}_3$



المركب الرابع والمركب الخامس واجب

**شئسوي بهيچ اسئلة**

1- نكتب المركب الي يريد تكوينه وراء السهم بدون اي عدد مولات له

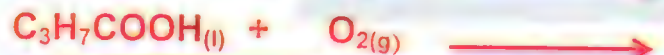
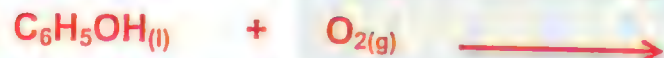
2- نفصل المركب بجهة المتفاعلات الى عناصر وانتبه هناك عناصر بهيئة جزيئات

وهي-  $\text{I}_2 - \text{F}_2 - \text{Br}_2 - \text{Cl}_2 - \text{O}_2 - \text{H}_2 - \text{N}_2 - \text{P}_4$

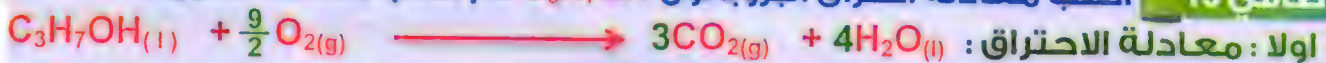
3- نوازن العناصر بالمقارنة مع المركب المتكون ونصيحة بالنسبة للعناصر السبعة اعلاه اذا كانت عدد ذراتها فردي فأننا نوازنها بأخذ العدد الفردي نفسه ونضع تحته رقم 2 اما الفسفور اذا كان عدد ذراته لا يقبل القسمة على 4 نضع الرقم في المركب نفسه ونضع تحته رقم 4

3- نضع الحالة الفيزيائية لكل عنصر التي يوجد فيها باثبت صورة امام العنصر

**مثال الإضافي 12** اكمل مع الموازنة المعادلات ادناه (تابعة لموضوع انشائي الاحتراق القياسية) واجبات



**مثال الإضافي 13** اكتب معادلة احتراق البروبانول  $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$  ثم اكتب معادلة تكوينه

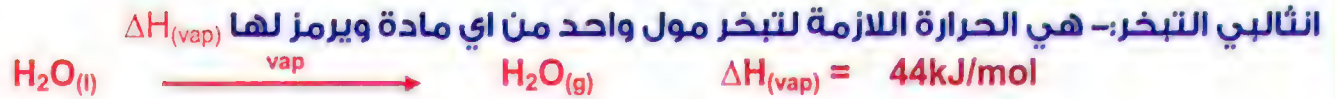


**مثال الإضافي 14** اكتب معادلة احتراق البنزويك  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$  ثم اكتب معادلة تكوينه واجب



## انتالبي التغيرات الفيزيائية

1- التبخر (Vaporization): التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية.



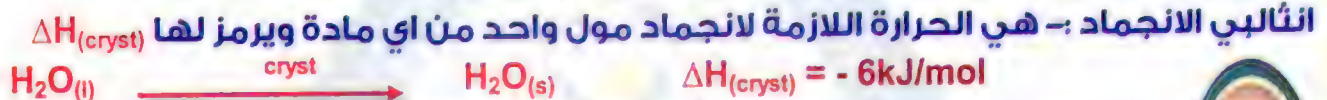
2- التكثيف (Condensation): التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة.



3- الانصهار (Fusion): هي عملية التحول من الطور الصلب الى السائل



4- التبلور (Crystallization): التحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.



خلاصة مهمة جدا:

1. ان انتالبي التبخر وانتالبي الانصهار قيمة الانتالبي لهما دائما موجبة.
2. ان انتالبي التكثيف وانتالبي الانجماد قيمة الانتالبي لهما دائما سالبة
3. هناك قوانين تربط بين انتالبي التبخر وانتالبي التكثيف هي على التوالي:
 
$$\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$$

$$\Delta H_{(cond)} = -\Delta H_{(vap)}$$
4. هناك قوانين تربط بين انتالبي الانصهار وانتالبي الانجماد هي على التوالي:
 
$$\Delta H_{(fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$$

$$\Delta H_{(cryst)} = -\Delta H_{(fus)}$$

مثال 1- اذا علمت ان انتالبي التبخر للأمونيا تساوي  $23kJ/mol$  احسب انتالبي التكثيف للأمونيا

الحل / معادلة التبخر للأمونيا



وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر اي ان

$$\Delta H_{cond} = -\Delta H_{vap} = -23kJ/mol$$

تمرين 1-7 اذا علمت ان انتالبي الانصهار لحمض الخليك الثلجي تساوي  $5.11kJ/mol$  احسب انتالبي الانجماد لهذا الحمض ؟

الحل / معادلة الانصهار لحمض الخليك الثلجي هي



وبما ان عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار اي ان

$$\Delta H_{cryst} = -\Delta H_{fus} = -5.11kJ/mol$$



## 13-1 طرائق حساب انثالي التفاعل القياسية

## اولا : - طريقة استخدام قانون هيس

هناك مركبات كيميائية لا يمكن تصنيعها مباشرة من عناصرها وذلك لأسباب عديدة منها

1- التفاعل يسير ببطء شديد 2- تكون مركبات جانبية غير مرغوبة

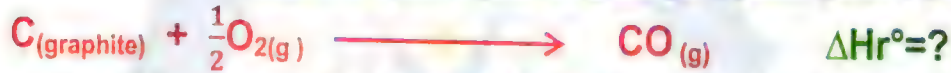
لذا يتم اللجوء الى قياس  $\Delta H_r^\circ$  لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة. مثل طريقة هيس.

قانون هيس الذي ينص

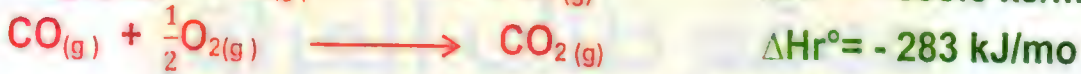
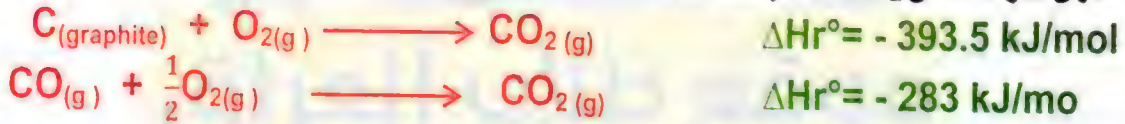
(عند تحويل التفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او سلسلة من الخطوات)

## مثال مهم لتوضيح قانون هيس

في التفاعل أدناه لا يمكن قياس الحرارة المنبعثة مباشرة عندما يتفاعل الكربون (كرافيت) مع الاوكسجين ليكونا أحادي اوكسيد الكربون. علل (لأنه من المستحيل منع تكون غاز ثنائي اوكسيد الكربون)

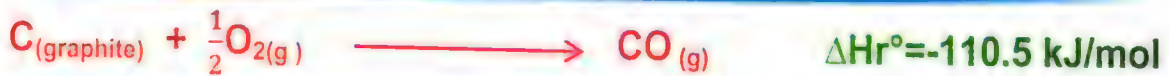
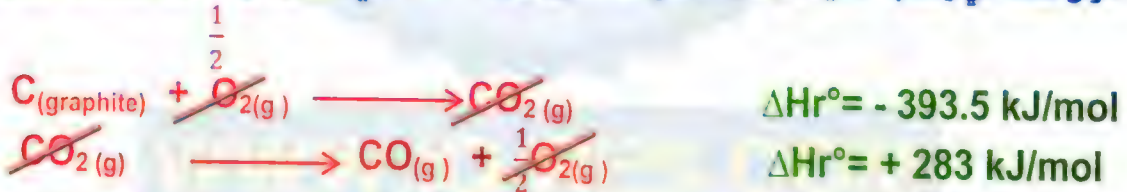


لكن يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق الكربون (كرافيت) احتراقا تاما ليعطي  $CO_2$  وكذلك يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق غاز  $CO$  الى  $CO_2$  حسب المعادلات



لاحظ ما الذي سنفعله للحصول على المعادلة الأصلية من هاتين المعادلتين

تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب الثانية ثم نقوم بجمع المعادلتين قيمة  $\Delta H_r^\circ$  التي ستنتج هي القيمة للتفاعل المطلوب.



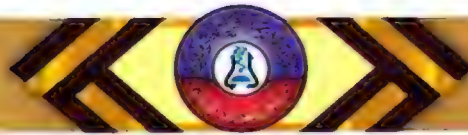
## للتذكير

- 1- عند قلب المعادلة نقلب اشارة قيمة الانثالي.
- 2- عند ضرب المعادلة في اي رقم تضرب قيمه الانثالي في نفس الرقم.
- 3- عند قسمة المعادلة على اي رقم نقسم قيمه الانثالي على نفس الرقم
- 4- عند قلب المعادلة وضربها في اي رقم نقلب الاشارة وتضرب قيمه الانثالي بنفس الرقم
- 5- وعند القلب والقسمة نقلب الاشارة وتقسيم قيمه الانثالي على نفس الرقم.

## نصائح قانون هيس

- 1- المعادلة التي مررنا بها لا نعود اليها
- 2- اذا وصلنا الى مادة (مركب او عنصر) من مواد المعادلة الهدف ووجدناه في اكثر من معادلة من المعادلات المعطاة نتركه ونذهب الى المادة التي بعده
- 3- ليس الهدف من قانون هيس العمل على جميع مواد المعادلة الهدف وانما المرور على جميع المعادلات المعطاة للحصول على المعادلة الهدف
- 4- اذا اضطررنا الى العمل على مادة موجودة في اكثر من معادلة قبل العمل على هذه المادة يجب التأكد كم مول حصلنا عليها سابقا ثم نعمل عليها

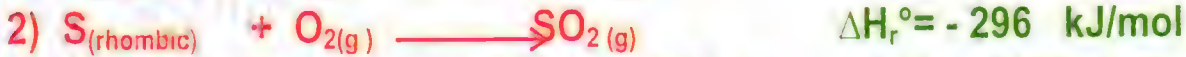
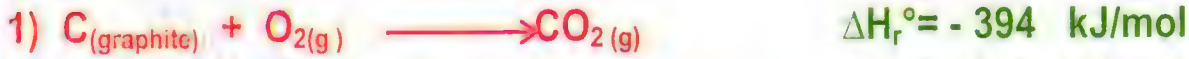




**مثال (7-1)** احسب انثالي التكوين القياسية للمركب  $CS_{2(l)}$  من عناصرها الأساسية بأثبت صورها.



إذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.



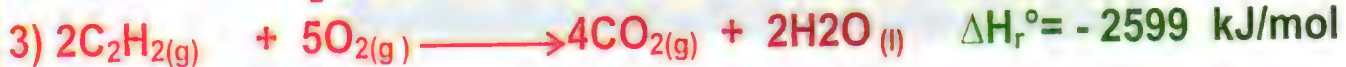
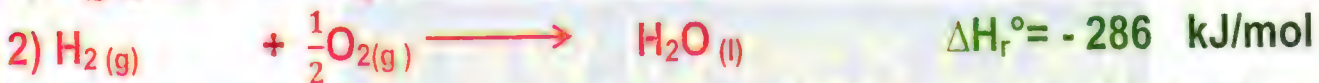
**الحل** / للحصول على المعادلة الهدف تبقى المعادلة الأولى كما هي نضرب الثانية في 2 نقلب المعادلة الثالثة.



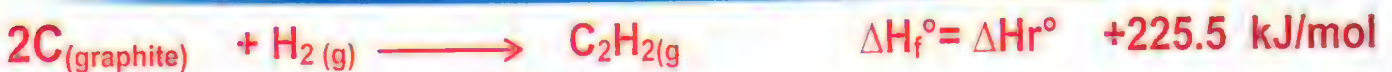
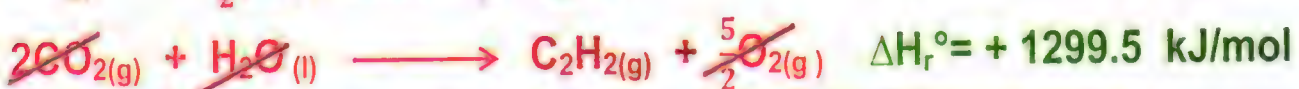
**تمرين (8-1)** احسب انثالي التكوين القياسية للاستيلين  $C_2H_{2(g)}$  من عناصرها الأساسية.



إذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.



**الحل** / للحصول على المعادلة الهدف نضرب المعادلة الأولى في 2 تبقى الثانية كما هي نقلب الثالثة ونقسم على 2.







**السؤال 21-1** اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية ومن المعادلات الحرارية التالية عند حرارة  $25^{\circ}\text{C}$  وضغط  $1\text{atm}$



احسب  $\Delta H_r^{\circ}$  للتفاعل الآتي

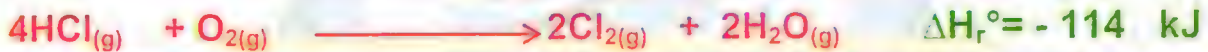
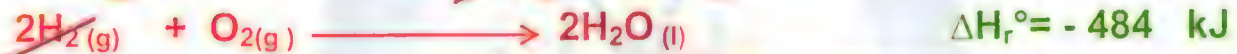


**الحل / قانون هيس ينص**

( عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او سلسلة من الخطوات ) **فائدته** تكمن في امكانية قياس انثالي التفاعلات التي لا يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطنها او لتكون نواتج جانبية.



نقلب المعادلة الاولى ونضربها في 2 اما المعادلة الثانية تبقى كما هي.



**السؤال 22-1** من أسئلة الفصل / واجب

إذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية

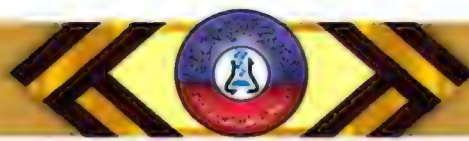


احسب  $\Delta H_r^{\circ}$  للتفاعل الآتي :-

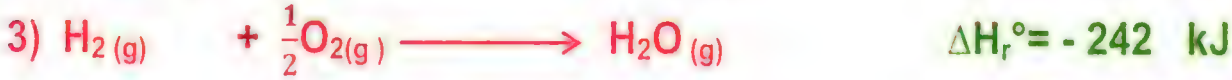
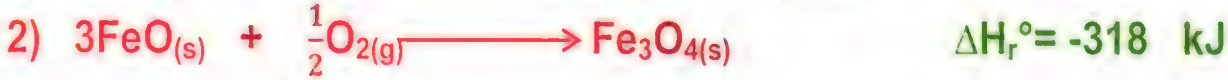


**الحل /** واجب سيكون الناتج  $-55\text{KJ}$





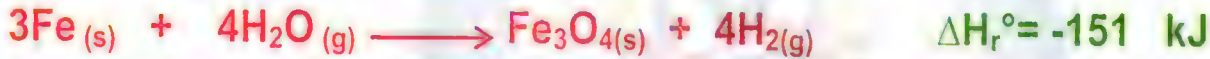
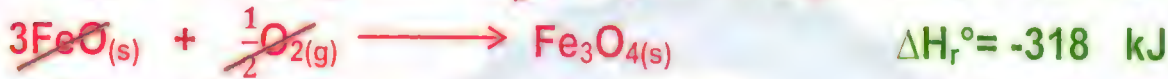
السؤال 23-1 إذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية



احسب  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل الآتي :-



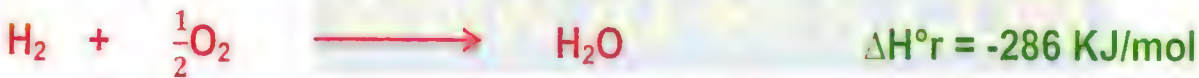
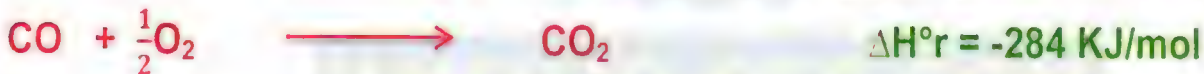
**الحل** / نقلب المعادلة الأولى ونضربها في 3 وتبقى المعادلة الثانية كما هي ونقلب المعادلة الثالثة.



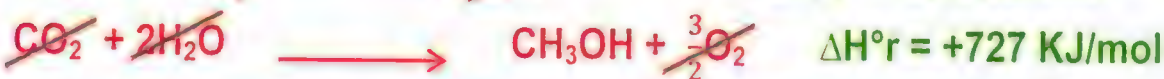
سؤال (35-1) إذا علمت ان انثالي احتراق كل من غاز CO و  $\text{H}_2$  و  $\text{CH}_3\text{OH}$  بوحدة kJ/mol هي على التوالي (-284, -286, -727) احسب  $\Delta H_r^\circ$  باستخدام قانون هيس للتفاعل الآتي



**الحل** / نكتب معادلات الاحتراق لكل من CO و  $\text{H}_2$  و  $\text{CH}_3\text{OH}$



وللحصول على المعادلة الأصلية تبقى المعادلة الأولى كما هي ونضرب الثانية في 2 ونقلب الثالثة





## الاثرائيات الخاصة بموضوع هيس

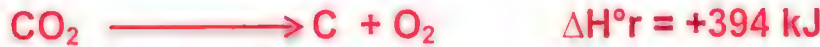
**مثال اضافي 15** احسب انثالبية التكوين القياسية  $\Delta H_f^\circ$  لغاز CO اذا علمت ان حرارة تفكك  $CO_2$  هي  $+394 \text{ KJ/mole}$  وان حرارة التفاعل الاتي  $CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$   $\Delta H_r^\circ = -283 \text{ KJ}$

**الحل /**



المعادلة الهدف

المعادلات المعطاة

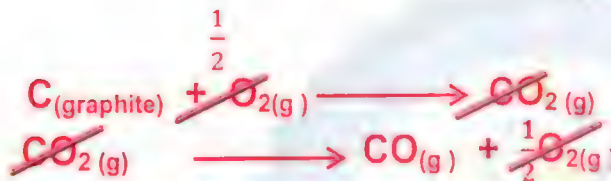


معادلة تفكك غاز  $CO_2$



المعادلة التالية

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى ونقلب الثانية ايضا



$$\Delta H_r^\circ = -394 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_r^\circ = +283 \text{ kJ/mol}$$



**مثال اضافي 16** احسب قيمة التغير في المحتوى الحراري اللازمة لتحول مول واحد من الماس الى الكرافيت اذا علمت ان انثالبي الاحتراق للماس  $-395.4 \text{ kJ/mol}$  و ان انثالبي الاحتراق للكرافيت  $-393.5 \text{ kJ/mol}$

**الحل /** نكتب معادلة احتراق مول واحد لكل من الماس والكرافيت



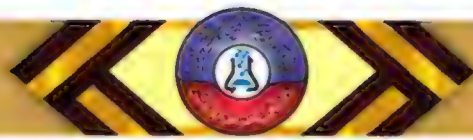
للحصول على معادلة تحول الماس الى كرافيت تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب الثانية



تابع دربك بالحياة، ولا تقف إذا واجهتك الصعاب.

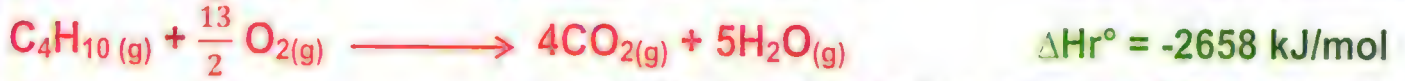
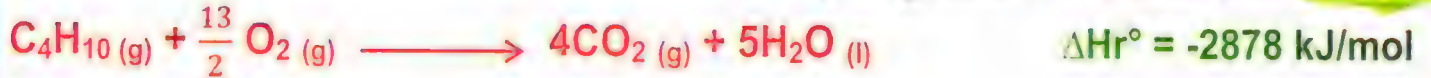






**مثال اضافي 17** يحترق البيوتان  $C_4H_{10}$  فيعطي  $CO_2$  وسائل الماء ويبعث حرارة مقدارها  $-2658 \text{ kJ/mol}$  بينما يحترق ليعطي  $CO_2$  وبخار الماء ويبعث حرارة مقدارها  $-2878 \text{ kJ/mol}$ . احسب حرارة تبخر الماء.

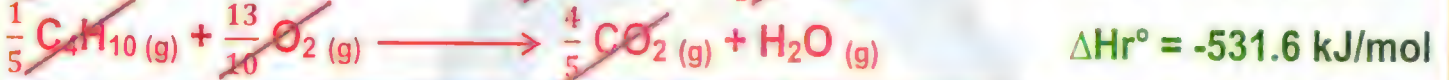
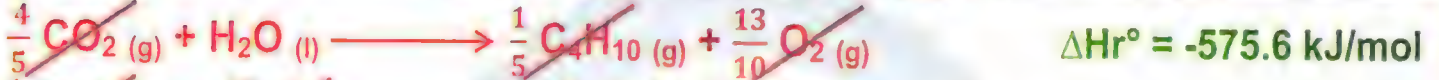
**الحل** نكتب معادلة الاحتراق المعطاة في السؤال



المعادلة الهدف هي **حرارة تبخر الماء** والتبخر هو التحول من السائل الى بخار الماء (الغاز)



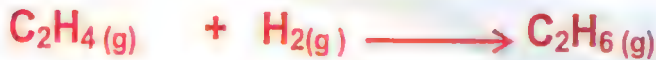
للحصول على المعادلة الهدف نقرب المعادلة الاولى وتقسم على 5 والمعادلة الثانية تقسم على 5



**مثال اضافي 18** اذا علمت ان حرارة الاحتراق لغاز الايثان  $C_2H_6 = 1600 \text{ kJ/mol}$  و ان حرارة



**الحل**

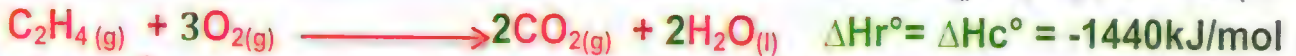


المعادلة الهدف

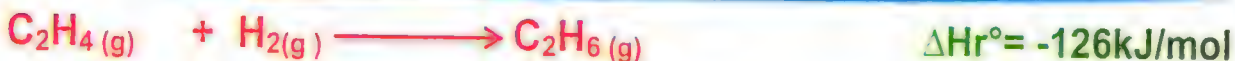
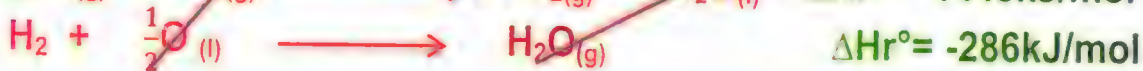
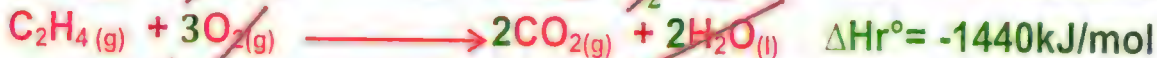
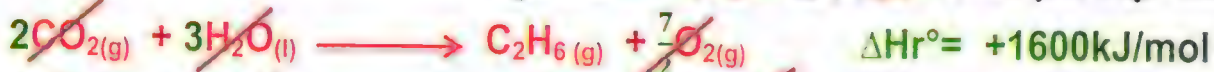
المعادلات المعطاة (1) معادلة احتراق غاز الايثان.



(2) معادلة احتراق غاز الاثيلين.



للحصول على المعادلة الهدف نقرب المعادلة الاولى وتبقى الثانية والثالثة كما هي.







**مثال اضافي 19** جد انثالبي التكوين القياسية لسكر الكلوكوز  $C_6H_{12}O_6$  اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من  $H_2$  و  $C$  و  $C_6H_{12}O_6$  بوحدات  $kJ/mol$  هي على التوالي  $(-286, -394, -2808)$  **الحل** / نكتب معادلة الهدف وهي تكوين سكر الكاوكوز



ثانيا نكتب معادلات احتراق كل من  $H_2$  و  $C$  و  $C_6H_{12}O_6$



$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -286 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -394 \text{ kJ/mol}$$

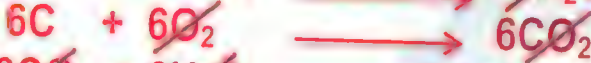


$$\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ = -2808 \text{ kJ/mol}$$

وللمحصل على المعادلة الاصلية نضرب المعادلة الاولى في 6 و الثانية في 6 ونقلب الثالثة



$$\Delta H_r^\circ = -1716 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H_r^\circ = -2364 \text{ kJ/mol}$$



$$\Delta H_r^\circ = +2808 \text{ kJ/mol}$$



**مثال اضافي 20** جد انثالبي التكوين القياسية لكحول الميثيل  $C_2H_5OH$  اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من  $H_2$  و  $C$  و  $C_2H_5OH$  بوحدات  $kJ/mol$  هي على التوالي  $(-286, -394, -1367)$  **الحل** / واجب سيكون الناتج  $-279 \text{ kJ/mol}$

” التحضير اليومي ”

سر من اسرار التفوق

فلا تهمل هذا السر

WWW.IQ-RES.COM





ثانياً :- طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية  
يمكن استخدام قيم  $\Delta H_f^\circ$  لحساب  $\Delta H_r^\circ$  باستخدام العلاقة التالية

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (\text{Products}) - \sum n \Delta H_f^\circ (\text{Reactants})$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والناتج (Products) و  $\sum$  تعني مجموع.  
للتوضيح أكثر لناخذ التفاعل الحراري الآتي



يمكن حساب  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [g\Delta H_f^\circ (G) + h\Delta H_f^\circ (H)] - [a\Delta H_f^\circ (A) + b\Delta H_f^\circ (B)]$$

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى حل مسائل استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية.

- 1- لابد من التذكير ان هناك عناصر بأشكال صورها  $\Delta H_f^\circ$  لها - صفر.  
مثل  $H_{2(g)}$  و  $O_{2(g)}$  و  $N_{2(g)}$  و  $Br_{2(l)}$  و  $I_{2(s)}$  و  $Cl_{2(g)}$  و  $F_{2(g)}$  و  $Al_{(s)}$  ..... الخ.
- 2- أفضل طريقة لحل المسألة رياضياً هي ان ننهي ناتج كل طرف بدقة ثم نقوم بعملية طرح الطرف الاول من الثاني.
- 3- ربما يعطي  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل ويعطي  $\Delta H_f^\circ$  لإطراف المعادلة مع إبقاء عنصر او مادة مجهولة الى  $\Delta H_f^\circ$ .
- 4- اذا كان الطرف الثاني ناتجه سالب فتصبح العملية الطرف الاول + الطرف الثاني كما موضح  
[الطرف الثاني] + [الطرف الاول] = [الطرف الثاني] - [الطرف الاول]

مثال 8-1 يجري تفاعل الترميت وفق المعادلة التالية.



احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل اذا علمت ان

$$\Delta H_f^\circ Fe_2O_{3(s)} = -822 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ Al_2O_{3(s)} = -1670 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ Fe_{(l)} = 12 \text{ kJ/mol}$$

الحل /

يمكن عدم كتابة هذه الخطوة ولا بحسب الطالب وراقب هذا ما سلاحظه في الاسئلة القادمة

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (P) - \sum n \Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [\Delta H_f^\circ (Al_2O_{3(s)}) + 2\Delta H_f^\circ (Fe_{(l)})] - [2\Delta H_f^\circ (Al_{(s)}) + \Delta H_f^\circ (Fe_2O_{3(s)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-1670) + (2 \times 12)] - [(2 \times 0) + (-822)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -1670 + 24 + 822 = -1670 + 846 = -824 \text{ kJ}$$

تمرين 9-1 يحترق البنزين ( $C_6H_6$ ) في الهواء ليعطي غاز  $CO_2$  والماء السائل احسب  $\Delta H_r^\circ$  لهذا التفاعل اذا علمت

$$\Delta H_f^\circ (C_6H_{6(l)}) = 49 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ CO_{2(g)} = -394 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ (H_2O_{(l)}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

الحل / معادلة احتراق البنزين السائل هي.



$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (P) - \sum n \Delta H_f^\circ (R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [6(-394) + 3(-286)] - [(49) + (\frac{15}{2} \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -2364 - 858 - 49 = -3271 \text{ kJ/mol}$$





سؤال 26-1

احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب  $\text{HPO}_3(\text{l})$ .

$$\text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s}) + 4\text{HNO}_3(\text{l}) \longrightarrow 4\text{HPO}_3(\text{l}) + 2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \quad \Delta H_r^\circ = -180 \text{ kJ}$$

$$\Delta H_f^\circ(\text{P}_4\text{O}_{10}(\text{s})) = -2984 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ(\text{HNO}_3(\text{l})) = -174 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ(\text{N}_2\text{O}_5(\text{l})) = -43 \text{ kJ/mol}$$

الحل /

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (\text{P}) - \sum n \Delta H_f^\circ (\text{R})$$

$$-180 = [4X + (2 \times -43)] - [(-2984) + (4 \times -174)]$$

$$-180 = 4X - 86 + 2984 + 696$$

$$-4X = -86 + 2984 + 696 + 180$$

$$-4X = -86 + 3860 \longrightarrow -4X = 3774$$

$$X = \frac{3774}{-4} = -943.5 \text{ kJ/mol} = \Delta H_f^\circ \text{HPO}_3(\text{l})$$

سؤال 19-1 في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين  $\text{C}_2\text{H}_2$  ( $M=26 \text{ g/mol}$ ) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق  $= 130 \text{ kJ}$  احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت.

$$\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -286 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

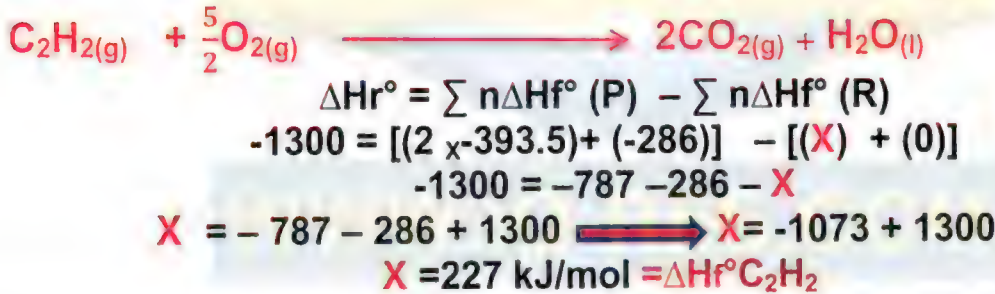
الحل / نبدأ اولاً قيمة كمية الحرارة المنبعثة من مول واحد من الاستيلين داخل المسعر والتي  $\Delta H_r^\circ$

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\frac{\text{g}}{\text{mol}})} = \frac{2.6 \text{ g}}{26 \text{ g/mol}} = 0.1 \text{ mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الاستيلين =

$$\begin{array}{ccc} q & \text{mol} & \\ -130 & 0.1 & \\ X & 1 & \end{array} \longrightarrow X = \frac{-130 \text{ kJ}}{0.1 \text{ mol}} = -1300 \text{ kJ/mol}$$

نكتب الان معادلة احتراق الاستيلين



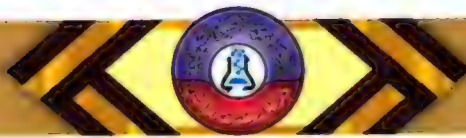
ملاحظات عن هذا السؤال :-

1. مطلوب السؤال يريد انثالبي التكوين القياسية للاستيلين وهذا يستخرج بطريقتين الاولى اما عن طريق تعريف انثالبي التكوين القياسية وهذا صعب لان المعادلة ليست من عناصر اولية والتكوين اكثر من مول .  
او عن طريق استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية بالاعتماد على انثالبي التفاعل القياسية وهذا يتطلب امرين  
اولاً :- ايجاد انثالبي التفاعل القياسية وسيتم استخراجها بالاعتماد على معلومات المسعر.  
ثانياً :- معادلة للتفاعل وسيتم كتابتها بالاعتماد على احتراق الاستيلين .
2. تم استخراج كمية حرارة المسعر المنبعثة بوحدة كيلو جول لكل مول واحد بخطوتين لان كمية الحرارة معطاة بالسؤال وبوحدة الكيلو جول وبذلك الفيت الخطوة الاولى والثانية والخامسة.

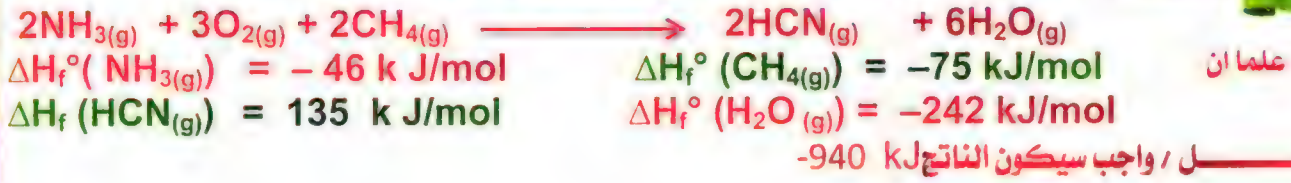
نصيحة اذا وجدت في سؤال  $\Delta H_f^\circ$  لمركب ما مجهولة وهناك  $\Delta H_f^\circ$  لمركبات اخرى في نفس السؤال معلومة فاستخدم القانون

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (\text{P}) - \sum n \Delta H_f^\circ (\text{R})$$





سؤال 1-25 احسب  $\Delta H_r^\circ$  عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{ atm}$

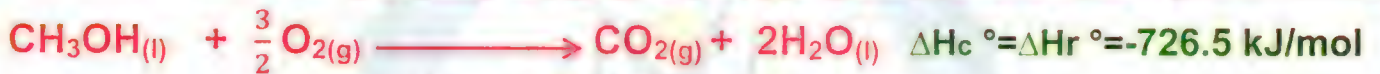


مثال اضافي 21 احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب لكحول المثيل  $\text{CH}_3\text{OH}$

اذا علمت ان حرارة احتراق مول واحد منه  $-726.5 \text{ kJ/mol}$  علمنا ان



الجـ ل / نكتب معادلة احتراق كحول المثيل بما ان الحرق لمول واحد يمكن القول  $\Delta H_r^\circ = \Delta H_c^\circ$



$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (\text{P}) - \sum n \Delta H_f^\circ (\text{R})$$

$$-726.5 = [(1 \times -393.5) + (2 \times -286)] - [(X) + (0)]$$

$$-726.5 = -393.5 - 572 - X$$

$$X - 393.5 - 572 + 726.5 \longrightarrow X = -965.5 + 726.5$$

$$X = -239 \text{ kJ/mol} = \Delta H_f^\circ \text{ CH}_3\text{OH}$$

مثال اضافي 22 في مسعر حراري وضع  $3.2\text{ g}$  من الميثان  $\text{CH}_4$  ( $M=16\text{ g/mol}$ ) فوجد ان كمية

الحرارة المنبعثة من الاحتراق  $= 178 \text{ kJ}$  احسب انثالبي التكوين القياسية للميثان اذا علمت.



الجـ ل / واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج يجب ان يكون  $-76 \text{ kJ/mol}$



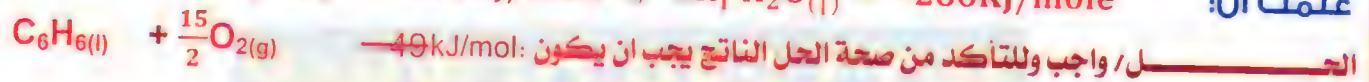


**مثال اضافي 23** احسب  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل  $\text{CO} + \text{NO}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{NO}$  اذا علمت ان قيم  $\Delta H_f^\circ$  لكل من  $\text{CO}_2$  و  $\text{NO}_2$  و  $\text{CO}$  بوحدة  $\text{kJ/mol}$  هي على التوالي  $(-114, +33, -394)$  وايضا لديك المعادلات التالية.



الجـ / واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج يجب ان يكون:  $-227 \text{ kJ/mol}$

**مثال اضافي 24** يحترق البنزين ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) في الهواء ليعت حرارة مقدارها  $-3271 \text{ kJ/mol}$  ويعطي غاز ثنائي اوكسيد الكربون وسائل الماء احسب انثالبي التكوين القياسية  $\Delta H_f^\circ$  للبنزين اذا علمت أن:  $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2 = -394 \text{ kJ/mole}$  ,  $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}_{(l)} = -286 \text{ kJ/mole}$





## 1- 14 العمليات التلقائية

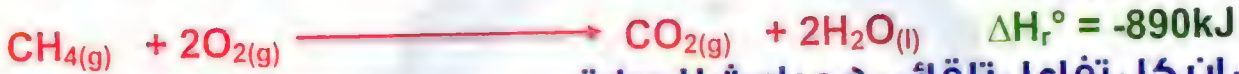
هي عملية فيزيائية أو كيميائية يمكن أن تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي ومن الأمثلة عليه.

- سقوط الماء من أعلى الشلال ولكن صعوده إليه مستحيل.
- انتقال الحرارة من الجسم الحار إلى الجسم البارد ولكن عكس العملية صحيح.
- ذوبان قطعة السكر في كوب من القهوة ولكن السكر المذاب لا يتجمع تلقائياً كما في شكله الابتدائي.
- انجماد الماء تلقائياً تحت  $0^{\circ}\text{C}$  وينصهر الجليد تلقائياً فوق  $0^{\circ}\text{C}$ .
- يصدأ الحديد تلقائياً عندما يتعرض للأوكسجين والرطوبة ولكن صدأ الحديد لا يمكن أن يتحول تلقائياً إلى الحديد.

**س/ ما هو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائياً؟**

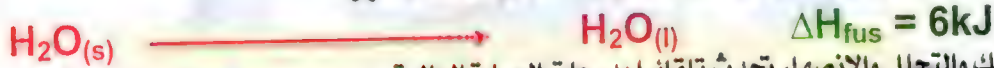
إن أحد الأجوبة الأكثر قبولاً هو أن جميع العمليات التلقائية يرافقها **انخفاض في طاقة النظام الكلية** أي الطاقة **النهائية** أقل من الطاقة **الابتدائية** للنظام.

لذا يلاحظ أن أغلب التفاعلات التي يرافقها انخفاض في الطاقة أي الانثالي كما في حالات التفاعل الباعثة للحرارة تحدث تلقائياً عند الظروف القياسية مثل احتراق الميثان.



**س/ هل إن كل تفاعل تلقائي هو باعث للحرارة**

ج/ كلا ولسبب بسيط هو أنه هناك تغيرات فيزيائية وكيميائية تحدث تلقائياً وتكون ماصة للحرارة. مثل انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية رغم أنها ماصة للحرارة.



أغلب عمليات التفكك والتحلل والانصهار تحدث تلقائياً بدرجات الحرارة العالية.

مما تقدم يمكن القول أنه التفاعلات **الماصة** و**الباعثة** للحرارة ممكن أن تحدث **تلقائياً** أو أن تكون **غير تلقائية** بمعنى آخر لا يمكننا أن نقرر التفاعل تلقائي هو **باعث** أو **ماص** للحرارة ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج إلى حالة ثرموداينمكية جديدة تسمى **الانتروبي (S)**.

## 15-1 الانتروبي (S)

هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية أو لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمز لها بالحرف (S).

- إن سبب إدخال دالة الحالة الانتروبي **للتنبؤ بتلقائية التفاعل**.
- كلما كان الانتظام قليلاً في النظام (عشوائية أكبر) كانت قيمة الانتروبي كبيرة والعكس صحيح.
- إن الانتروبي دالة حالة شأنها شأن الانثالي لذا لا يمكن قياس القيم المطلقة لها وإنما يقاس التغير الحاصل في الانتروبي.

$$\Delta S = S_f - S_i$$

حيث  $S_f$  الانتروبي النهائية  $S_i$  الانتروبي الابتدائية

- إن جميع التفاعلات الكيميائية والتحولت الفيزيائية السابقة والتي تجري بشكل تلقائي يرافقها دائماً زيادة في الانتروبي **بشكل عام (أحفظ)**

**انتروبي الحالة الغازية دائماً أكبر من انتروبي الحالة**

**السائلة الذي هو أكبر من انتروبي الحالة الصلبة.**



بعض الحالات التي تؤدي الى زيادة الانتروبي للنظام.

- في عملية الانصهار للمواد الصلبة تكون الذرات او الجزيئات في الحالة الصلبة محصورة في مواقع ثابتة وعند الانصهار فان هذه الذرات او الجزيئات تبدأ بالحركة لذا تتحرك خارج الشبكة البلورية مما يزيد من عشوائيتها.
- في عملية التبخر للحالة السائلة تؤدي الى زيادة الانتروبي أيضا وهي اكبر بكثير من تلك الزيادة في عملية الانصهار بسبب ان الذرات والجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي أكثر مما في الفراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه.



خلاصة مهمة جدا

- عند التحول من الصلب الى السائل تزداد الانتروبي  $\Delta S > 0$ ، بسبب التحول من النظام الى اللانظام
- عند التحول من السائل الى البخار تزداد الانتروبي  $\Delta S > 0$ ، بسبب التحول من النظام الى اللانظام.
- عند ذوبان صلب او سائل في مذيب وتكون محلول تزداد الانتروبي. ذوبان غاز يقل الانتروبي.
- التسامي زيادة في الانتروبي. يعني كل تسخين زيادة كل تبريد يقل الانتروبي
- كل تسخين زيادة في الانتروبي كل تبريد يقل الانتروبي
- اذا كانت عدد مولات الناتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات زيادة في الانتروبي واذا كانت اقل يقل الانتروبي
- عند زيادة الضغط يقل الانتروبي (لماذا).
- في تفاعل ما كان نفس عدد المولات في النواتج والمتفاعلات فالطرف الذي فيه عدد أكثر من المواد هو الذي يكون فيه زيادة في الانتروبي مثل التفاعل ادناه



- نلاحظ ان عدد المولات في الطرفين متساوي لكن هناك زيادة في انتروبي النواتج لان عدد موادها أكثر

**سؤال 9-1** تتبأ اذا كان التغير في الانتروبي  $\Delta S$  أكبر او اقل من الصفر للعمليات التالية؟

- تجمد كحول الميثيل. (اقل من الصفر  $\Delta S < 0$ )
- الانجماد تحول من سائل الى صلب وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر  $\Delta S < 0$
- تبخر سائل البروم (أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$ )
- التبخر تحول من سائل الى غاز وبالتالي انتروبي أكثر اي التغير أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$
- ذوبان الكلوكون في الماء. (أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$ )
- ذوبان الكلوكون تحول من صلب الى سائل وبالتالي انتروبي أكثر اي التغير أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$
- تبريد غاز النيتروجين من  $80^\circ\text{C}$  الى  $20^\circ\text{C}$  (اقل من الصفر  $\Delta S < 0$ )
- كل تبريد انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر  $\Delta S < 0$
- تسخين غاز الهيدروجين من  $20^\circ\text{C}$  الى  $80^\circ\text{C}$  (أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$ )
- كل تسخين انتروبي أكثر اي التغير أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$
- تسامي اليود الصلب. (أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$ )
- التبخر تحول من صلب الى غاز وبالتالي انتروبي أكثر اي التغير أكبر من الصفر  $\Delta S > 0$





**سؤال 28-1** ماذا تعني العملية التلقائية ثم أعط مثالين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية.

الجواب / هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي.  
ومن الامثلة على التلقائية 1- سقوط الماء من أعلى الشلال 2- ذوبان قطعة السكر في الماء.  
ومن الامثلة على غير التلقائية 1- تسلق قمة جبل ايفرست 2- تجمع السكر الى شكله الابتدائي.

**سؤال 29-1** اي من العمليات تلقائية او غير تلقائية.

- أ) ذوبان ملح الطعام في الماء ؟  
ب) تسلق قمة ايفرست  
ج) انتشار رائحة عطر بعد فتح الغطاء  
د) فصل الهليوم والنيون من مزيج الغازات
- ج / عملية تلقائية  
ج / عملية غير تلقائية  
ج / عملية تلقائية  
ج / عملية غير تلقائية

**سؤال 30-1** عرف الانتروبي وما هي وحدات الانتروبي؟

الجواب / هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينميكي ويرمز لها بالحرف (S). ووحداته هي J / K.mol

## حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

يمكننا علم الثرموداينمك من حساب قيمة الانتروبي المطلقة التي سيكون رمزها  $S^\circ$  لجميع العناصر والمركبات والتي يمكن استخدامها لقياس التغير في انتروبي التفاعل القياسية  $\Delta S_r^\circ$  من العلاقة التالية.

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta S^\circ (\text{Products}) - \sum n S^\circ (\text{Reactants})$$

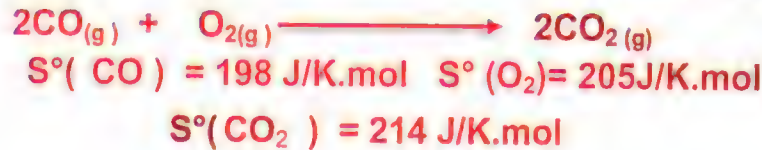
حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والناتج (Products) و  $\sum$  تعني مجموع.  
للتوضيح أكثر لناخذ التفاعل الحراري الآتي



يمكن حساب  $\Delta S_r^\circ$  للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta S_r^\circ = [gS^\circ (G) + hS^\circ (H)] - [aS^\circ (A) + bS^\circ (B)]$$

**مثال 10-1** احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية  $\Delta S_r^\circ$  للتفاعل التالي في الظروف القياسية  $25^\circ\text{C}$  وضغط 1atm ؟



إذا علمت ان

الحل /

$$\Delta S_r^\circ = \sum n S^\circ (\text{Products}) - \sum n S^\circ (\text{Reactants})$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ (\text{CO}_2)] - [2S^\circ (\text{CO}) + S^\circ (\text{O}_2)]$$

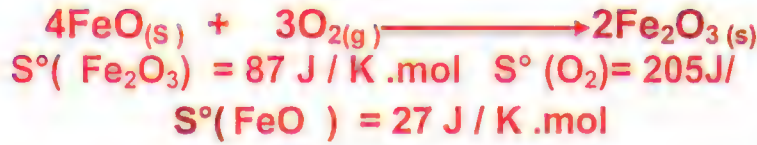
$$\Delta S_r^\circ = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r^\circ = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$





**تمرين 11-1** احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية  $\Delta S^\circ$  للتفاعل التالي في الظروف القياسية  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{atm}$  ؟



إذا علمت ان

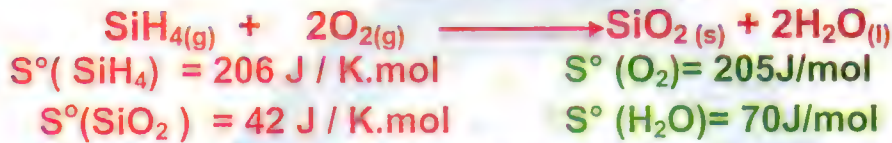
الحل /

$$\Delta S^\circ = \sum nS^\circ(\text{Products}) - \sum nS^\circ(\text{Reactants})$$

$$\Delta S^\circ = [ (2 \times 87) ] - [ (4 \times 27) + (3 \times 205) ] =$$

$$\Delta S^\circ = (174) - (108 + 615) = 174 - 723 = -549 \text{ J/k} \cdot \text{mol}$$

**سؤال 32-1** من اسئلة الفصل احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية  $\Delta S^\circ$  للتفاعل التالي في الظروف القياسية  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{atm}$  ؟



إذا علمت ان

الحل /

$$\Delta S^\circ = \sum nS^\circ(\text{Products}) - \sum nS^\circ(\text{Reactants})$$

$$\Delta S^\circ = [ (42) + (2 \times 70) ] - [ (206) + (2 \times 205) ] =$$

$$\Delta S^\circ = (42 + 140) - (206 + 410) = 182 - 616 = -434 \text{ J/k} \cdot \text{mol}$$

**سؤال 33-1** إذا علمت ان قيمة  $\Delta S^\circ$  للتفاعل التالي  $137 \text{ J/k} \cdot \text{mol}$  عند حرارة  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{atm}$  وان قيم  $S^\circ(\text{O}_2) = 205 \text{ J / K} \cdot \text{mol}$  فما هي قيمة  $S^\circ$  للاوزون؟

$$\Delta S^\circ = \sum nS^\circ(\text{Products}) - \sum nS^\circ(\text{Reactants})$$

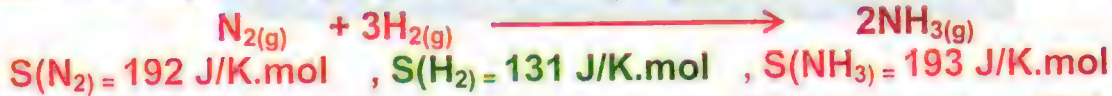
$$137 = [ (3 \times 205) ] - [ 2S^\circ(\text{O}_3) ]$$

$$2S^\circ(\text{O}_3) = 615 - 137 = 478$$

$$S^\circ(\text{O}_3) = \frac{478}{2} = 239 \text{ J / K} \cdot \text{mol}$$

الحل /

**سؤال 27-1** احسب  $\Delta S^\circ$  للتفاعل التالي في الظروف القياسية  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{atm}$  ؟



إذا علمت

الجواب / واجب و الناتج سيكون  $-199 \text{ J / K} \cdot \text{mol}$



## 16-1 طاقة كبس الحرارة (G).

وجد العالم كبس علاقة تربط بين الانثالي (H) والانتروبي (S) تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل بشكل أبسط من الاعتماد على استخدام قيم الإنثالي والانتروبي. ولذا يمكن تعريفها بالشكل التالي

**طاقة كبس الحرارة (G):** هي دالة حالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانتروبي والانثالي. ان التغير في طاقة كبس الحرارة يمثل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

اما كيف تعد مؤشرا لتلقائية التفاعل من إشارتها وبالصورة الآتية

1.  $\Delta G$  قيمة سالبة ( $\Delta G < 0$ ) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي تلقائي.
2.  $\Delta G$  قيمة موجبة ( $\Delta G > 0$ ) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي غير تلقائي.
3.  $\Delta G$  صفر ( $\Delta G = 0$ ) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة اتزان.

1-16-1 طاقة كبس الحرارة القياسية للتفاعل ( $\Delta G_r^\circ$ ).

**سؤال 34-1** عرف طاقة كبس الحرارة للتكوين القياسية وما هي وحداتها؟

الجواب / هي مقدار التغير في الطاقة الحرة عند تكوين مول من اي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{ atm}$  ويرمز لها  $\Delta G_f^\circ$  ووحداتها  $\text{kJ/mol}$  ويمكن إيجاد قيم طاقة كبس الحرارة للتفاعل القياسية بمعادلة تشبه معادلة إيجاد إنثالي التفاعل القياسية.

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta G_f^\circ (\text{Products}) - \sum n \Delta G_f^\circ (\text{Reactants})$$

حيث  $n$  عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و  $\sum$  تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لناخذ التفاعل الحراري الآتي

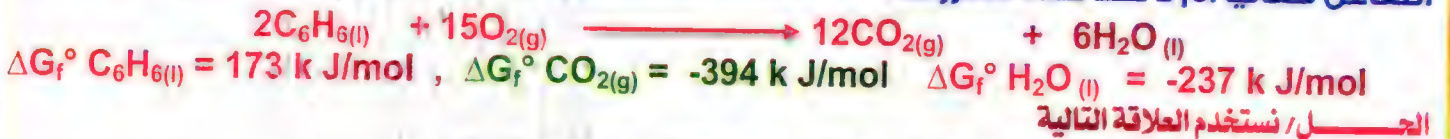


يمكن حساب  $\Delta G_r^\circ$  للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [g\Delta G_f^\circ (G) + h\Delta G_f^\circ (H)] - [a\Delta G_f^\circ (A) + b\Delta G_f^\circ (B)]$$

**مثال 11-1** احسب طاقة كبس الحرارة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري

التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟ ملاحظة في اسئلة طاقة كبس الحرارة يجب ذكر التفاعل لتلقائي ام لا حتى وان يطلب ذلك في السؤال



$$\Delta G_r^\circ = \sum n \Delta G_f^\circ (\text{P}) - \sum n \Delta G_f^\circ (\text{R})$$

$$\Delta G_r^\circ = [(12 \times -394) + (6 \times -237)] - [(2 \times 173) + 15 \times 0]$$

$$\Delta G_r^\circ = [(-4728) + (-1422)] - [346] = -6496 \text{ k J/mol}$$

القيمة سالبة التفاعل تلقائي





**تمرين 12-1** احسب طاقة كس الحرارة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟



الحل/نستخدم العلاقة التالية:-

$$\Delta G_r^\circ = \sum n \Delta G_f^\circ (\text{P}) - \sum n \Delta G_f^\circ (\text{R})$$

$$\Delta G_r^\circ = [(2 \times 52)] - [(2 \times 87) + (0)]$$

$$\Delta G_r^\circ = [104] - [174] = -70 \text{ k J/mol}$$

بما انه القيمة سالبة اذا يجري التفاعل بشكل تلقائي

## تطبيقات معادلة كس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية

تعد معادلة كس مهمة جدا عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذلك لان استخدام قيم  $\Delta G$  تغنيانا عن اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالي والانتروبي.

**س/ ما هي اكثر عاملين يضمنان تلقائية التفاعل.**

- 1- طاقة الانثالي اقل ما يمكن اي قيمة  $\Delta H$  سالبة اي تفاعل باعث.
- 2- طاقة الانتروبي اعلى ما يمكن اي قيمة  $\Delta S$  موجبة (والسبب لانه  $\Delta S$  توجد ضمن الحد  $(T\Delta S)$  لذا اذا كانت قيمتها اعلى من  $\Delta H$  ستصبح قيمة  $\Delta G$  سالبة اي التفاعل تلقائي)

**س/ متى لا يكون لدرجة الحرارة تأثير على تلقائية التفاعل.**

ج / في التفاعل الباعث العشوائي دائما التفاعل تلقائي مهما كانت درجة الحرارة

هذه عملية جمع وليس ضرب وسالب + سالب = سالب

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = - - (+) = - - = \text{دائما} -$$

**س/ متى لا يكون لدرجة الحرارة تأثير على عدم تلقائية التفاعل.**

ج / في التفاعل الماص المنتظم دائما التفاعل غير تلقائي مهما كانت درجة الحرارة

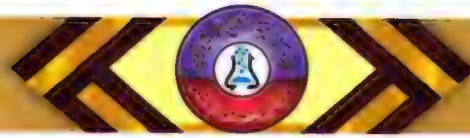
$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = + - (-) = + + = \text{دائما} +$$

## ملاحظات أخرى قبل الدخول في الأسئلة الخاصة بكس

1. للتذكير  $\Delta G$  سالبة التفاعل تلقائي  $\Delta G$  موجبة التفاعل غير تلقائي.
2. عمليات الانصهار - التبخر (الغليان) - التسامي عمليات ماصة للحرارة اي  $\Delta H$  موجبة وهي أيضا عمليات تزداد فيها العشوائية اي  $\Delta S$  موجبة.
3. عمليات الانجماد (التبلور) - التكثيف (الندى) هي عمليات باعثة للحرارة اي  $\Delta H$  سالبة وايضا عمليات تقل فيها العشوائية اي  $\Delta S$  سالبة.
4. حينما يقول مسبب انخفاض درجة حرارة المحلول اي العملية ماصة. والعكس باعثة.
5. ذوبان صلب أو سائل زيادة الانتروبي  $\Delta S$  موجبة وعلى الأغلب هي عمليات ماصة.
6. ذوبان غاز يقل الانتروبي  $\Delta S$  سالبة وهي عمليات باعثة.
7. عملية تحلل تفكك ( ماصة - عشوائية) الاندماج (باعثة تقل العشوائية).
8. أهم نقطة هو انه سواء قال العملية تلقائية أو غير تلقائية نحن نفترض حدوثها لكن ان قال تلقائية يجب أثبات  $\Delta G$  قيمة سالبة وان قال لا تتم أو غير تلقائية يجب إثباتها موجبة.





## السؤال 39 من اسئلة الفصل علل ما يأتي وفق علاقة كبس

1- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية.

ج / العملية تلقائية  $\Delta G$  سالبة

العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.

العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة

والحد  $T\Delta S < \Delta H$  من الحد

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ - (+) = + - \text{اخير} = -$$

2- لا يتحلل الماء الى عناصره الاولى بالظروف الاعتيادية

ج / العملية غير تلقائية  $\Delta G$  موجبة

العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.

العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة

والحد  $T\Delta S > \Delta H$  من الحد

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ - (+) = + - \text{اصغر} = +$$

3. يذوب غاز  $SO_2$  في الماء ويبعث حرارة عالية.

ج / العملية تلقائية  $\Delta G$  سالبة

العملية باعثة للحرارة  $\Delta H$  سالبة.

العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  سالبة

والحد  $T\Delta S > \Delta H$  من الحد

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$- - (-) = - + \text{اصغر} = -$$

4. لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بالحرارة الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية  $\Delta G$  موجبة

العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.

العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة

والحد  $T\Delta S > \Delta H$  من الحد

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ - (+) = + - \text{اصغر} = +$$

5. تفكك اوكسيد الزئبق || تلقائي دائما بدرجات الحرارة العالية

ج / العملية تلقائية  $\Delta G$  سالبة

العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.

العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة

والحد  $T\Delta S < \Delta H$  من الحد

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ - (+) = + - \text{اخير} = -$$

6- لا يتجمد الماء تلقائيا بالظروف الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية  $\Delta G$  موجبة

العملية باعثة للحرارة  $\Delta H$  سالبة.

العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  سالبة

والحد  $T\Delta S < \Delta H$  من الحد

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$- - (-) = - + \text{اخير} = +$$

ملاحظات بيبي وبينك تسهل عليك حل هذه التعاليل

1- اذا ذكر العملية ولم يذكر معها لا او غير او ذكر تلقائية هذا يعني اشارة  $\Delta G$  سالبة.

2- اذا ذكر العملية و ذكر معها لا او غير هذا يعني اشارة  $\Delta G$  موجبة.

3- ابدأ باشارة الانتروبي  $\Delta S$  كونها سهلة جدا ان اشارة الانتالبي  $\Delta H$  على الاغلب تعمل نفس اشارتها

4- اذا كانت اشارة الانتالبي والانتروبي مشابهة لا اشارة  $\Delta G$  نقول الحد  $T\Delta S > \Delta H$

5- اذا كانت اشارة الانتالبي والانتروبي مخالفة لا اشارة  $\Delta G$  نقول الحد  $T\Delta S < \Delta H$



## مثال اضافي 25 تعاليل اضافية وفق علاقة كبس

## 2- عملية الندى عملية تلقائية في فصل الشتاء

ج / العملية غير تلقائية  $\Delta G$  موجبة  
العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.  
العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة  
والحد  $T\Delta S > \Delta H$  من الحد  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   
 $+ - (+) = +$  اصغر = +

## 4. لا ينصهر الحديد بالحرارة الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية  $\Delta G$  موجبة  
العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.  
العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة  
والحد  $T\Delta S > \Delta H$  من الحد  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   
 $+ - (+) = +$  اصغر = +

## 6. يسيل غاز النتروجين بالتبريد. (واجب)

## 1- عملية تبخر سائل البروم تلقائية بالحرارة العالية.

ج / العملية تلقائية  $\Delta G$  سالبة  
العملية ماصة للحرارة  $\Delta H$  موجبة.  
العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة  
والحد  $T\Delta S < \Delta H$  من الحد  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   
 $+ - (+) = +$  اصغر = -

## 3. عدم سقوط الامطار صيفيا

ج / العملية غير تلقائية  $\Delta G$  موجبة  
العملية باعثة للحرارة  $\Delta H$  سالبة.  
العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  سالبة  
والحد  $T\Delta S < \Delta H$  من الحد  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   
 $- - (-) = -$  اصغر = +

## 5- يتحلل الاوزون الى الاوكسجين بدرجات الحرارة الاعتيادية.

ج / يتحلل الاوزون وفق المعادلة التالية  
 $2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$   
العملية تلقائية  $\Delta G$  سالبة  
العملية باعثة للحرارة  $\Delta H$  سالبة. (حالة خاصة)  
العملية تحول من النظام الى النظام اي  $\Delta S$  موجبة  
 $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$   
 $(-) - (+) = -$  اصغر = -  
التفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة

## 8. سقوط الامطار تلقائيا بالحرارة المنخفضة. (واجب)

## 7. لا ينصهر الثلج في درجات الحرارة المنخفضة. (واجب)





يمكن استخدام علاقة كبس اذا تم قياس قيمة  $\Delta H_r^\circ$  و  $\Delta S_r^\circ$  للتفاعل عند الظروف القياسية  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{ atm}$  على الصورة الآتية.

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

سؤال 15-1 جد قيمة  $\Delta G_r^\circ$  للتفاعل الآتي



الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الآتية

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}) = -110.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2) = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

$$S^\circ (\text{CO}) = 198 \text{ J/K.mol}$$

$$S^\circ (\text{CO}_2) = 214 \text{ J/K.mol}$$

$$S^\circ (\text{O}_2) = 205 \text{ J/K.mol}$$

الحل /

نجد اولاً قيمة  $\Delta H_r^\circ$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (\text{P}) - \sum n\Delta H_f^\circ (\text{R})$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2\Delta H_f^\circ \text{CO}_{2(g)})] - [(2\Delta H_f^\circ \text{CO}_{(g)}) + (\Delta H_f^\circ \text{O}_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2 \times -393.5)] - [(2 \times -110.5) + (0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-787) - (-221) = -787 + 221 = -566 \text{ kJ/mol}$$

ثم نجد قيمة  $\Delta S_r^\circ$

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ (\text{Products}) - \sum nS^\circ (\text{Reactants})$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ (\text{CO}_2)] - [2S^\circ (\text{CO}) + S^\circ (\text{O}_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r^\circ = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$

نحول الان قيمة  $\Delta S_r^\circ$  بوحدة  $\text{kJ/K.mol}$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = -173 \text{ J/K.mol} \times \frac{1\text{kJ}}{1000\text{J}} = -0.173 \text{ kJ/K.mol}$$

$$T_{(K)} = t(^{\circ}\text{C}) + 273 \quad 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -566 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times -0.173 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -566 \text{ kJ/mol} - (-51.554 \text{ kJ/mol}) = -514.4 \text{ kJ/mol}$$

بما ان قيمة  $\Delta G_r^\circ$  سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.



سؤال 1-31 للتفاعل التالي



أحسب قيمة  $\Delta S_r^\circ$  للتفاعل بوحدة J/K.mol

علما ان  $\Delta H_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -242\text{KJ/mol}$   $\Delta G_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -228\text{KJ/mol}$

الحل /

نستخرج قيمة  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (\text{P}) - \sum n\Delta H_f^\circ (\text{R})$$

$$\Delta H_r^\circ = [ (2\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}) ] - [ (2\Delta H_f^\circ \text{H}_2) + (\Delta H_f^\circ \text{O}_2) ]$$

$$\Delta H_r^\circ = [ (2 \times -242) ] - [ (0) + (0) ] = - 484 \text{ kJ/mol}$$

نستخرج قيمة  $\Delta G_r^\circ$  للتفاعل

$$\Delta G_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ (\text{P}) - \sum n\Delta G_f^\circ (\text{R})$$

$$\Delta G_r^\circ = [ (2\Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{O}) ] - [ (2\Delta G_f^\circ \text{H}_2) + (\Delta G_f^\circ \text{O}_2) ]$$

$$\Delta H_{G_r}^\circ = [ (2 \times -228) ] - [ (0) + (0) ] = - 456 \text{ kJ/mol}$$

نحول درجة الحرارة من  $^\circ\text{C}$  الى  $\text{K}$

$$T_{(\text{K})} = t(^{\circ}\text{C}) + 273 \quad 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$T\Delta S_r^\circ = \Delta H_r^\circ - \Delta G_r^\circ$$

$$\Delta S_r^\circ = \frac{\Delta H_r^\circ - \Delta G_r^\circ}{T}$$

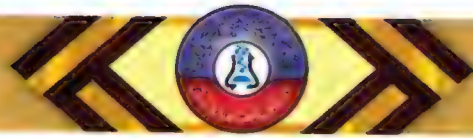
$$\Delta S_r^\circ = \frac{-484\text{KJ/mol} + 456\text{KJ/mol}}{298 \text{ K}}$$

$$\Delta S_r^\circ = \frac{-28 \text{ KJ/mol}}{298 \text{ K}} = - 0.094 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta S_r^\circ_{(\text{J/K.mol})} = 0.094\text{kJ/K.mol} \times 1000 \text{ J/kJ} = -94\text{J/K.mol}$$

$\Delta H_f^\circ$  و  $\Delta H_r^\circ$  ونفس الامر ينطبق على  $\Delta G_f^\circ$  و  $\Delta G_r^\circ$  انتبه جيدا و فرق بين  
للتذكير قيم الانثالي والطاقة الحرة للعناصر في حالتها القياسية = 0





بالاستعانة بالمعلومات التالية.

المادة	$\Delta H_f^\circ$ kJ/ mol	$S^\circ$ J/K. mol
$C_2H_5OH_{(l)}$	-278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(l)}$	-286	70

أحسب (أ)  $\Delta H_r^\circ$  (ب)  $\Delta S_r^\circ$  (ج)  $\Delta G_r^\circ$  عند الظروف القياسية.

الحل

(أ) حساب  $\Delta H_r^\circ$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ (\text{Products}) - \sum n\Delta H_f^\circ (\text{Reactants})$$

$$\Delta H_r^\circ = [2\Delta H_f^\circ(CO_2) + 3\Delta H_f^\circ(H_2O)] - [\Delta H_f^\circ(C_2H_5OH) + 3\Delta H_f^\circ(O_2)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2 \times -394) + (3 \times -286)] - [-278 + (3 \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-788) + (-858)] - [-278] = -1368 \text{ kJ/ mol}$$

(ب) حساب  $\Delta S_r^\circ$

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ (\text{Products}) - \sum nS^\circ (\text{Reactants})$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ(CO_2) + 3S^\circ(H_2O)] - [S^\circ(C_2H_5OH) + 3S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(2 \times 214) + (3 \times 70)] - [161 + (3 \times 205)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(428) + (210)] - [161 + 615]$$

$$\Delta S_r^\circ = (638) - (776) = -138 \text{ J/K. mol}$$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K. mol}) = -138 \text{ J/K. mol} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = -0.138 \text{ kJ/K. mol}$$

(ج) حساب  $\Delta G_r^\circ$  نحول درجة الحرارة من  $^\circ\text{C}$  إلى  $\text{K}$

$$T_{(K)} = t(^{\circ}\text{C}) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -1368 \text{ kJ/ mol} - (298 \text{ K} \times -0.138 \text{ kJ/K. mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -1368 \text{ kJ/ mol} - (-41.124 \text{ kJ/ mol}) = -1326.874 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة  $\Delta G_r^\circ$  سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.





تمرين 13-1

احسب  $\Delta G_r^\circ$  للتفاعل الآتي عند الظروف القياسيةحيث تم حساب قيمة  $\Delta H_r^\circ$  وكانت تساوي  $-3536 \text{ kJ/mol}$ وكذلك تم حساب  $\Delta S_r^\circ$  وكانت  $374 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ الحل / أولا نحول وحدات  $\Delta S_r^\circ$  إلى  $\text{kJ/K} \cdot \text{mol}$ 

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K} \cdot \text{mol}) = 374 \text{ J/K} \cdot \text{mol} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.374 \text{ kJ/K} \cdot \text{mol}$$

نحول درجة الحرارة من  $^\circ\text{C}$  إلى  $\text{K}$ 

$$T(\text{K}) = t(^{\circ}\text{C}) + 273 \quad 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times 0.374 \text{ kJ/K} \cdot \text{mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536 \text{ kJ/mol} - (111.425 \text{ kJ/mol}) = -3647.425 \text{ kJ/mol}$$

تمرين (14-1)

إذا كان لدينا التفاعل الآتي / واجب

فاذا كانت قيمة  $\Delta H_r^\circ$  تساوي  $16 \text{ kJ/mol}$ والتغير في الانتروبي  $\Delta S_r^\circ = 234 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$ 

احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية وهل التفاعل تلقائي ام غير تلقائي

الجواب / للتأكد من الحل سيكون الناتج  $53.7 \text{ kJ/mol}$ 

WWW.IQ-RES.COM







**مثال اضافي 26** في التفاعل الآتي  $\text{HCOOH}_{(l)} \rightarrow \text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)}$  فإذا كانت قيمة  $\Delta H_r^\circ = 16 \text{ KJ/mole}$  و  $\Delta S_r^\circ = 234 \text{ J/k.mole}$  وان  $\Delta G_f^\circ \text{ CO} = -137 \text{ KJ/mole}$  و  $\Delta G_f^\circ$  لسائل الماء تساوي  $-237 \text{ KJ/mole}$ ، احسب مقدار الطاقة الحرة للتكوين القياسية  $\Delta G_f^\circ$  لحمض الفورميك  $\text{HCOOH}$  عند  $25^\circ\text{C}$  وتحت ضغط  $(1 \text{ atm})$ .  
الحل / نحول قيمة  $\Delta S_r^\circ$  بوحدة  $\text{kJ/K.mol}$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 234 \text{ J/K.mol} \times \frac{1 \text{ KJ}}{1000 \text{ J}} = 0.234 \text{ kJ/K.mol}$$

نحول درجة الحرارة من  $^\circ\text{C}$  الى  $\text{K}$

$$T(\text{K}) = t_{(^\circ\text{C})} + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

نجد الان طاقة كبس الحرة القياسية.

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = 16 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times 0.234 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = 16 \text{ kJ/mol} - (69.732 \text{ kJ/mol}) = -53.732 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ (\text{P}) - \sum n\Delta G_f^\circ (\text{R})$$

$$-53.732 = [(-137) + (-237)] - [(\text{X})]$$

$$\text{X} = -137 - 237 + 53.723 = -374 + 53.732 = -320.268$$

**مثال اضافي 27** احسب مقدار التغير في انتروبي التفاعل القياسية  $\Delta S_r^\circ$  للتفاعل التالي عند الظروف القياسية  $2\text{CO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow 2\text{CO}_{2(g)}$   
إذا علمت ان قيم  $\Delta H_f^\circ$  بوحدة  $\text{kJ/mole}$  ل  $(\text{CO}_2 = -393.5, \text{CO} = -110.5)$  وان قيم  $\Delta G_f^\circ$  بوحدة  $\text{kJ/mole}$  ل  $(\text{CO}_2 = -394, \text{CO} = -137)$ .  
الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل سيكون الناتج  $-174 \text{ J/K.mol}$

WWW.IQ-RES.COM



## ملاحظات قبل الدخول الى حل سؤالي 36 و 37

اولاً: في سؤال 36 يطلب درجة الحرارة التي يكون التفاعل عندها تلقائي لكن لم يعطي درجة حرارة لذا نقوم بالخطوات التالية:

(1) نعتبر التفاعل متوازن وقيمة  $\Delta G_r = 0$  = صفر اي ان  $\Delta H = T\Delta S$ .

(2) نوحّد وحدات  $\Delta H$  مع  $\Delta S$ .

(3) نقوم بالعلاقة التالية  $T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$  ونستخرج درجة الحرارة بوحدة الكلفن.

(4) ستعطى في السؤال قيم  $\Delta H$  و  $\Delta S$  بنفس الإشارة وحسب الآتي:

✓ إذا كانت الاشارات موجبة ... فيجب تسخين التفاعل الى أكثر من درجة حرارة الاتزان.

✓ إذا كانت الاشارات سالبة فيجب ... تبريد التفاعل الى اقل من درجة حرارة الاتزان.

ثانياً: في سؤال 37 اعطى درجة الحرارة ويطلب درجة الحرارة التي يكون فيها التفاعل تلقائي إذا لم يكن التفاعل تلقائي لذا نقوم بالخطوات التالية:

(1) نطبق علاقة  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  كاملة كون الحرارة موجودة إذا ظهرت سالبة انتهى حل السؤال

(2) إذا كانت موجبة يعني التفاعل غير تلقائي وهنا نفرض الحرارة صفر ونقوم بنفس خطوات حل سؤال (36) مع مراعاة توحيد وحدات

$\Delta H$  مع  $\Delta S$ .

## جد درجة الحرارة التي تصبح عندها التفاعلات

سؤال (1-36)

التالية تلقائية إذا علمت ان قيم  $\Delta H$  و  $\Delta S$  لها

التفاعل A  $\Delta H = +126 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta S = +48 \text{ J/K.mol}$

جـ ان قيمة  $\Delta G$  عند التوازن = صفر وعليه تصبح معادلة كبس بالشكل التالي

$$0 = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T\Delta S = \Delta H \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة الـ  $\Delta S$  من  $\text{J/K.mol}$  الى وحدات  $\text{kJ/K.mol}$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 48 \text{ J/K.mol} \times \frac{1\text{kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.048 \text{ kJ/K.mol}$$

$$T = \frac{126 \text{ kJ/mol}}{0.048 \text{ kJ/K.mol}} = 2625 \text{ K}$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى أكثر من **2625 K** لكي يصبح التفاعل تلقائي.

التفاعل B  $\Delta H = -12 \text{ kJ/mol}$ ,  $\Delta S = -105 \text{ J/K.mol}$

جـ ان قيمة  $\Delta G$  عند التوازن = صفر

$$0 = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T\Delta S = \Delta H \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = -105 \text{ J/K.mol} \times \frac{1\text{kJ}}{1000 \text{ J}} = -0.105 \text{ kJ/K.mol}$$

$$T = \frac{-12 \text{ kJ/mol}}{-0.105 \text{ kJ/K.mol}} = 114.3 \text{ K}$$

وعليه يجب تبريد التفاعل الى اقل من **114.3 K** لكي يصبح التفاعل تلقائي.





من قيم  $\Delta H$  و  $\Delta S$  تتبأ أي من التفاعلين سيكون تلقائي عند درجة حرارة

سؤال (37-1)

$25^\circ\text{C}$  وضغط  $1 \text{ atm}$

$$\Delta S = 30 \text{ J/K.mol}, \Delta H = 11 \text{ kJ/mol}$$

التفاعل A

$$\Delta S = 113 \text{ J/K.mol}, \Delta H = 2 \text{ kJ/mol}$$

التفاعل B

إذا لم يكونا التفاعلين تلقائيين فعند أي درجة الحرارة سيكون التفاعلين تلقائيين.

التفاعل /A



أولا نحول وحدات  $\Delta S_r^\circ$  إلى  $\text{kJ/K.mol}$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 30 \text{ J/K.mol} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.030 \text{ kJ/K.mol}$$

نحول درجة الحرارة من  $^\circ\text{C}$  إلى  $\text{K}$

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = 11 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times 0.030 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = 11 \text{ kJ/mol} - (8.94 \text{ kJ/mol}) = 2.06 \text{ kJ/mol}$$

بما أن قيمة  $\Delta G_r^\circ$  موجبة فالتفاعل غير تلقائي.

وعليه لايجاد درجة الحرارة التي يصبح فيها التفاعل تلقائي

نفرض قيمة  $\Delta G$  عند التوازن - صفر

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$T = \frac{11 \text{ kJ/mol}}{0.03 \text{ kJ/K.mol}} = 366.66 \text{ K}$$

وعليه يجب تسخين التفاعل إلى أكثر من  $366.66 \text{ K}$  لكي يصبح التفاعل تلقائي.

WWW.IQ-RES.COM

التفاعل /B



أولا نحول وحدات  $\Delta S_r^\circ$  إلى  $\text{kJ/K.mol}$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 113 \text{ J/K.mol} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.113 \text{ kJ/K.mol}$$

نحول درجة الحرارة من  $^\circ\text{C}$  إلى  $\text{K}$

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = 2 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times 0.113 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = 2 \text{ kJ/mol} - (33.674 \text{ kJ/mol}) = -31.674 \text{ kJ/mol}$$

بما أن قيمة  $\Delta G_r^\circ$  سالبة فالتفاعل تلقائي





**مثال اضافي 28** جد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل التالي تلقائي إذا علمت ان

قيم  $\Delta S = +400 \text{ J/K.mol}$  ,  $\Delta H = +200 \text{ kJ/mol}$

الحل / ان قيمة  $\Delta G$  عند التوازن - صفر وعليه تصبح معادلة كبس بالشكل التالي

$$0 = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T\Delta S = \Delta H \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة الـ  $\Delta S$  من  $\text{J/K.mol}$  الى وحدات  $\text{kJ/K.mol}$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 400 \text{ J/K.mol} \times \frac{1\text{kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.4 \text{ kJ/K.mol}$$

$$T = \frac{200 \text{ kJ/mol}}{0.4 \text{ kJ/K.mol}} = \frac{2000 \text{ kJ/mol}}{04 \text{ kJ/K.mol}} = 500 \text{ K}$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من  $500 \text{ K}$  لكي يصبح التفاعل تلقائي.

**مثال اضافي 29** جد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل التالي تلقائي إذا علمت ان

قيم  $\Delta S = -325 \text{ J/K.mol}$  ,  $\Delta H = -650 \text{ kJ/mol}$

الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل .. الحرارة 2000 ولكن تسخين او تبريد جوابه يترك للطلاب.

**سؤال 38-1** للتفاعل الاتي  $\text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{CaO}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)}$

غير تلقائي بالظروف الاعتيادية بين حسابيا بأي درجة حرارة يصبح التفاعل تلقائي اذا علمت

$\Delta S_r^\circ = 160 \text{ J/K.mol}$  و  $\Delta H_r^\circ = 178.5 \text{ kJ/mol}$  ان علمت ان  $(927^\circ \text{C} , 627^\circ \text{C})$

أولا : نجد  $\Delta G_r^\circ$  عند حرارة  $627^\circ \text{C}$

$$T = 627 + 273 = 900^\circ \text{C}$$

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 160 \text{ J/K.mol} \times \frac{1\text{KJ}}{1000 \text{ J}} = 0.16 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = 178.5 \text{ kJ/mol} - (900\text{K} \times 0.16 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = 178.5 - 144.0 = 34.5 \text{ kJ/mol}$$

التفاعل غير تلقائي عند حرارة  $627^\circ \text{C}$

ثانيا : نجد  $\Delta G_r^\circ$  عند حرارة  $927^\circ \text{C}$

$$T = 927 + 273 = 1200^\circ \text{C}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = 178.5 \text{ kJ/mol} - (1200\text{K} \times 0.16 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = 178.5 - 192 = -13.5 \text{ kJ/mol}$$

التفاعل تلقائي عند حرارة  $927^\circ \text{C}$





سؤال (24-1)

تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الآتية

قيمة  $\Delta S_r^\circ = 160 \text{ J/K.mol}$  فإذا علمت أن  $\Delta H_f^\circ$  لكل من  $\text{CaO}$  و  $\text{CO}_2$  و  $\text{CaCO}_3$  هي على التوالي بوحدات $\text{kJ/mol}$  (-1207 , -635 , -393.5) جد(1)  $\Delta H_r^\circ$  للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة.(2)  $\Delta G_r^\circ$  للتفاعل.

(3) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي

جـ

(1) نجد أولاً قيمة الإنثالبي ومخطط الطاقة

$$\Delta H_r^\circ = \sum n \Delta H_f^\circ (\text{P}) - \sum n \Delta H_f^\circ (\text{R})$$

$$\Delta H_r^\circ = [(\Delta H_f^\circ \text{CaO}) + (\Delta H_f^\circ \text{CO}_2)] - [(\Delta H_f^\circ \text{CaCO}_3)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-635) + (-393.5)] - [(-1207)]$$

$$\Delta H_r^\circ = (-1028.5) + (1207) = 178.5 \text{ kJ/mol}$$

(2) إيجاد قيمة  $\Delta G_r^\circ$ نحول أولاً الآن قيمة  $\Delta S_r^\circ$  بوحد  $\text{kJ/K.mol}$ 

$$\Delta S_r^\circ (\text{kJ/K.mol}) = 160 \text{ J/K.mol} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 0.16 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = 178.5 \text{ kJ/mol} - (298 \text{ K} \times 0.16 \text{ kJ/K.mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = 178.5 \text{ kJ/mol} - (47.68 \text{ kJ/mol}) = 130.82 \text{ kJ/mol}$$

(3) لإيجاد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي

نفرض التفاعل متوازن حيث أن قيمة  $\Delta G$  عند التوازن = صفر

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ \rightarrow T = \frac{\Delta H_r^\circ}{\Delta S_r^\circ}$$

$$T = \frac{178.5 \text{ kJ/mol}}{0.16 \text{ kJ/K.mol}} = 1115.6 \text{ K}$$

وعليه يجب تسخين التفاعل إلى أكثر 1115.6 من لكي يصبح التفاعل تلقائي.



## 17-1 حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية

درجة حرارة الانصهار ( $T_m$ ): هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها الصلبة الى السائلة.

درجة حرارة الغليان ( $T_b$ ): هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها السائلة الى الغازية.

ان معادلة الانصهار تكون بالشكل  $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$  حيث  $\Delta S_{fus}$  تعني انصهار و  $T_m$  درجة الانصهار.

ومعادلة التبخر (الغليان) تكون بالشكل  $\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$  حيث  $\Delta S_{vap}$  تعني تبخر و  $T_b$  درجة الغليان.

علاقة تروتن: هي علاقة وجدها العالم تروتن حيث وجد ان لأغلب السوائل قيمة ثابتة للانتروبي ( $\Delta S = 85 \text{ J/K.mol}$ ) على لوجود تشابه في حركة جزيئات السوائل وتركيبها وحركة ابخرتها وبذلك تصبح معادلة الغليان بالشكل الاتي:

$$85 \text{ J/K.mol} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

مثال (13-1) احسب انتالبي التبخر  $\Delta H_{vap}$  للهكسان عند الاتزان بوحدة  $\text{kJ/mol}$  اذا علمت ان

درجة غليانه  $69^\circ\text{C}$  ؟

جـ تحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T (\text{K}) = T (^\circ\text{C}) + 273 = 69 + 273 = 342 \text{ K}$$

$$85 \text{ J/K.mol} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$\Delta H_{vap} = 85 \text{ J/K.mol} \times 342 \text{ K} = 29070 \text{ J/mol}$$

$$\Delta H_{vap} (\text{J/mol}) = 29070 \text{ J/mol} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} = 29.07 \text{ kJ/mol}$$

استخدمنا هذه العلاقة لعدم وجود انتروبي تبخر في السؤال ولكن في حالة وجود التروبي او يمكن محلول بتعدد عن هذه العلاقة ونطبق العلاقة الاساسية

$$\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$$

تمرين (15-1) احسب التغير في الانتروبي للتحويل الاتي



عند درجة غليان  $100^\circ\text{C}$  علما ان  $\Delta H_{vap} = 44 \text{ kJ/mol}$

جـ تحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T (\text{K}) = T (^\circ\text{C}) + 273 = 100 + 273 = 373 \text{ K}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{44 \text{ kJ/mol}}{373 \text{ K}} = 0.118 \text{ kJ/K.mol}$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118 \text{ kJ/K.mol} \times 1000 \text{ J/kJ} = 118 \text{ J/K.mol}$$





اذا علوت ان انثالي التبخّر  $\Delta H_{vap}$  لمركب عضوي عند الاتزان يساوي  $34 \text{ kJ/mol}$

مثال اضافي 30

احسب درجة غليانه بوحدهات الكلفن عند الاتزان

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$T_b = \frac{\Delta H_{vap}}{\Delta S_{vap}}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{85 \text{ J/K.mol}}{1000 \text{ J/kJ}} = 0.085 \text{ kJ/K.mol}$$

$$T_b = \frac{34 \text{ kJ/mol}}{0.085 \text{ kJ/K.mol}} = \frac{34000 \text{ kJ/mol}}{0.085 \text{ kJ/K.mol}} = 400 \text{ K}$$

اذا علوت ان انثالي التبخّر  $\Delta H_{vap}$  لمركب عضوي عند الاتزان يساوي  $51000 \text{ J/mol}$

مثال اضافي 31

احسب درجة غليانه بوحدهات السيليزي عند الاتزان

الحل / واجب ولن تعطى قيمة الناتج لانها فكرة السؤال

## حل اسئلة الفصل الاول

سؤال 2 / ما هي وحدات الانثالي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI)

ج / الانثالي وحدتها  $\text{kJ/mol}$  الانتروبي وحدتها  $\text{J/K.mol}$  طاقة كبس الحرة وحدتها  $\text{kJ/mol}$

سؤال 3 / ما المقصود بالتعبير الاتية

الكيمياء الحرارية:- علم يهتم بدراسة الحرارة المتصصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيميائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالي التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية

عملية باعثة للحرارة : هي العملية التي تصاحبها تحرر حرارة من النظام الى المحيط وقيمة التغير لها في الانثالي سالبة.  
عملية ماصة للحرارة : هي العملية التي يصاحبها امتصاص حرارة للنظام من المحيط وقيمة التغير لها في الانثالي قيمة موجبة.

سؤال 4 / ماذا تعني داله الحالة ج / راجع الملزمة ص 12

سؤال 5 / لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية.

الجواب / لان كمية الحرارة المتصصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل.

سؤال 6 / ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية. ما وحدات هاتين الكهيتين.

الحرارة النوعية	السعة الحرارية
هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة	هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة
وحداتها $(\text{J/g} \cdot ^\circ\text{C})$ ويرمز لها (S)	وحداتها $(\text{J} / ^\circ\text{C})$ ويرمز لها (C)
هي من الخواص المركزة.	هي من الخواص الشاملة.

سؤال 7 / ما لفرق بين الخواص المركزة والخواص الشاملة / راجع الملزمة ص 12 تعاريفهما.

سؤال 8 / صف المسعر الحراري الذي بواسطته تتم قياس الحرارة المهمتصة او المنبعثة عند ثبوت الضغط.

الجواب / يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا.

من سؤال 9 الى سؤال 39 محلولة مع مواضيعها

الفصل الاول انتهى



WWW.iQ-RES.COM

الموقع التعليمي الاول على مستوى العراق



موقع طلاب العراق

99

( ... شارك رابط موقعنا ... )  
مع اصدقائك لتعم الفائدة  
ولا تنسونا من صالح دعائكم

66

نتائج

كتب

ملازم

أخبار

أسئلة

التعليم العالي

وزارة التربية

تابعونا ..



@iQRES



/ iQRES



/ NTAAj.iQ

كل ما ينشر في موقعنا من محتوى هو مجاني ولخدمة الطالب العراقي



# كنز الكيمياء



صفحاتنا على الفيس بوك

f / IQRES

f / NTAAJ.iQ

الاستاذ  
مُهَنَّد عَلِي السُّودَانِي

2019

الفصل الثاني

## الاتزان الكيميائي



المركز التسويقي

ملازم دار المغرب

07702729223





المركز التسويقي  
ملازم دار المغرب  
07702729223



## الفصل الثاني الاتزان الكيميائي

### 1-2 التفاعلات غير الانعكاسية والتفاعلات الانعكاسية

**التفاعل الكيميائي :** هو عملية تتحول فيها مادة واحدة أو أكثر إلى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة التي تفاعلت في البداية.

**المعادلة الكيميائية:** هي التعبير عن التفاعل الكيميائي وهي اختصار علمي يمثل التحول الحاصل في المواد المتفاعلة للحصول على المواد الناتجة ويمثل السهم في المعادلة اتجاه التفاعل.

**تقسم التفاعلات الكيميائية حسب اتجاه التفاعل إلى**

**1- التفاعلات غير الانعكاسية:** وهي التفاعلات الكيميائية والتي يتم فيها استهلاك أحد أو جميع المواد المتفاعلة استهلاكاً تاماً ولا يمكن للمواد الناتجة القدرة على أن تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها مثل احتراق بنزين السيارات (البنزين) أمثلة على تفاعلات غير انعكاسية



**2. التفاعلات الانعكاسية:** وهي التفاعلات التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة إلى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على أن تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى (غير التامة) أمثلة على تفاعلات انعكاسية.



أو تغيرات فيزيائية مثل تبخر الماء (في نظام مغلق).

### 2-2 التفاعلات الانعكاسية وحالة الاتزان

كما وضعنا أن أغلب التفاعلات الانعكاسية تستمر باتجاهين متعاكسين بظروف التفاعل نفسها مثلاً عند ظروف مناسبة يتفاعل غاز  $\text{H}_2$  مع غاز  $\text{N}_2$  لتكوين غاز الأمونيا في بداية هذا التفاعل يكون التفاعل أمامي سريعاً وهو تفاعل سريع يرمز  $R_f$  باتجاه تكوين الأمونيا بمرور الوقت وبزيادة تركيز الأمونيا تتحلل الأمونيا الناتجة لتكوين غاز الهيدروجين والنيتروجين بسرعة مقدارها  $R_b$  (سرعة التفاعل الخلفي) يستمر كل التفاعلين بالاتجاهين المتعاكسين حتى يصل التفاعل إلى حالة معينة تتساوى عندها سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي ( $R_f = R_b$ ) فيصل التفاعل إلى حالة تدعى بحالة الاتزان الكيميائي



حيث  $k_f$  تمثل ثابت سرعة التفاعل الأمامي و  $k_b$  تمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي

• تظهر التفاعلات التي تصل حالة اتزان أنها توقف لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة في الاتجاهين وعليه يعرف الاتزان الكيميائي بالتعريف أدناه

**الاتزان الكيميائي :** هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان سكوني (ساكن) أي أن التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الأمامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها.





## 2-3 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة وغير المتجانسة

**التفاعلات الانعكاسية المتجانسة :** - هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.



**التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة :** - هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور مختلف وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.



## 2-4 حالة الاتزان وقانون فعلة الكتلة

عند خلط مول واحد من غاز الهيدروجين مع مول واحد من غاز اليود في اناء التفاعل لتكوين غاز يوديد الهيدروجين عند  $445^\circ\text{C}$  فالمفروض ان يتكون 2 مول من غاز يوديد الهيدروجين.



لكن وجد عمليا ان الخليط في حالة الاتزان الديناميكي يحتوي 78% من غاز يوديد الهيدروجين و 11% من غازي اليود والهيدروجين وبالعكس ايضا اذا سخن غاز HI يعطي الخليط نفس النسب. اي هناك علاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتراكيز المواد **تعرف بقانون فعل الكتلة**

**قانون فعل الكتلة :** عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاه كان تتناسب طرديا مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة والناتجة مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوعة امام كل مادة في المعادلة الكيميائية.

وعند تطبيق قانون فعل الكتلة وللتفاعل اعلاه



يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل الخلفي رياضيا وحسب قانون فعل الكتلة كالآتي

$$R_f = K_f [\text{N}_2] [\text{H}_2]^3$$

$$R_b = K_b [\text{NH}_3]^2$$



## 5-2 ثابت الاتزان

اشتقاق معادلة ثابت الاتزان

لنفرض لدينا التفاعل الانعكاسي المتزن الآتي.



عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الأمامي نجد أن

$$R_f = K_f [A]^a [B]^b \longrightarrow (1)$$

أما عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الخلفي نجد أن

$$R_b = K_b [G]^g [H]^h \longrightarrow (2)$$

عند حصول الاتزان فإن سرعة التفاعل الأمامي = سرعة التفاعل الخلفي وعليه

$$K_f [A]^a [B]^b = K_b [G]^g [H]^h \longrightarrow (3)$$

وبترتيب معادلة 3 يمكن الحصول على العلاقة التالية.

$$\frac{K_f}{K_b} = \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b} \longrightarrow (4)$$

إن قيمة ثابت سرعة التفاعل الأمامي  $K_f$  على قيمة ثابت سرعة التفاعل الخلفي  $K_b$  هو مقدار ثابت آخر يعرف بثابت الاتزان  $K_{eq}$  لذا تصبح معادلة 4 بهذا الشكل

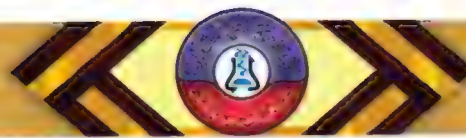
$$K_{eq} = \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b} \longrightarrow (5)$$

س/ عرف ثابت الاتزان  $K_{eq}$ ثابت الاتزان  $K_{eq}$  : هو النسبة بين ثابت سرعة التفاعل الأمامي وثابت سرعة التفاعل الخلفي.

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b}$$

ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية $K_c$	ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية $K_p$
حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.	حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوماً على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.
$K_c = \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b} \quad (6)$	$K_p = \frac{P_G^g \times P_H^h}{P_A^a \times P_B^b} \quad (7)$





مثال (2-1)

للتفاعل المتزن الاتي



وجد ان ثابت سرعة التفاعل الأمامي  $K_f$  يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي  $K_b$  يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان  $K_{eq}$

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

الحل

تمرين (2-1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له  $K_{eq}$  يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي له  $K_b = 0.02$  احسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي  $K_f$

الحل

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} \implies K_f = K_{eq} \times K_b$$

$$K_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

مثال اضافي 1 تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له  $K_{eq}$  يساوي 6.2 وثابت سرعة التفاعل الأمامي له  $K_f = 3.1$  احسب ثابت سرعة التفاعل الخلفي له  $K_b$

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} \implies K_b = \frac{K_f}{K_{eq}}$$

$$K_b = \frac{3.1}{6.2} = 0.5$$

ملاحظات مهمة جدا جدا .

- في التفاعلات ثابت الاتزان  $K_c$  يهتم فقط بالمواد الغازية والمحاليل المائية ولا يهتم بالمواد الصلبة والسائلة اذا وجدنا تراكيز مواد صلبة او سائلة نهمل وجودها لان تراكيزها ثابتة  $1M$  ولكن ان كانت النواتج كلها صلبة او سائلة نضع في البسط 1 اما اذا كانت المتفاعلات كلها صلبة او سائلة فيصبح الثابت عبارة عن عملية ضرب فقط
- في التفاعلات ثابت الاتزان  $K_p$  يهتم فقط بالمواد الغازية ولا يهتم بالمواد الصلبة والسائلة والمحاليل المائية اذا وجدنا تراكيز مواد صلبة او سائلة او محاليل مائية نهمل وجودها لان ضغوطها ثابتة  $1atm$  ولكن ان كانت النواتج كلها صلبة او سائلة او محاليل مائية نضع في البسط 1 اما اذا كانت المتفاعلات كلها صلبة او سائلة او محاليل مائية فيصبح الثابت عبارة عن عملية ضرب فقط

الخلاصة  $K_c$  تعترف بالغازات والمحاليل المائية فقط  $K_p$  تعترف بالغازات فقط

مثال عام 1 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزئية.



$$K_c = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}]^2}$$

$$K_p = \frac{1}{P_A^2}$$

وضع 1 في البسط لان النواتج عبارة عن مواد صلبة ومحاليل مائية فقط

مثال عام 2 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزئية.

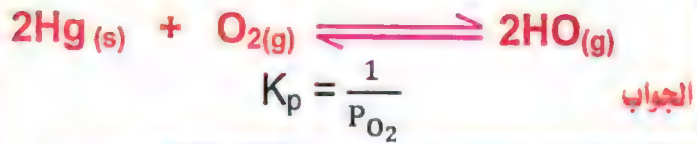
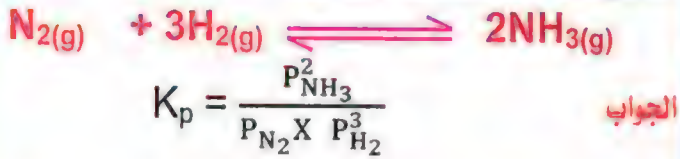


$$K_c = \frac{[\text{C}][\text{D}]^2}{[\text{A}]^2[\text{B}]^2}$$

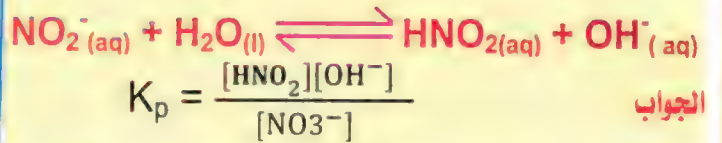
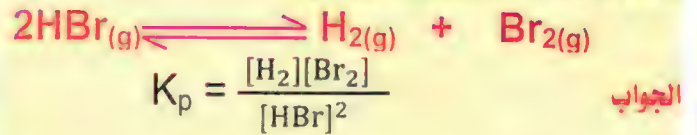
$$K_p = \frac{P_D^2}{P_A^2 \times P_B^2}$$



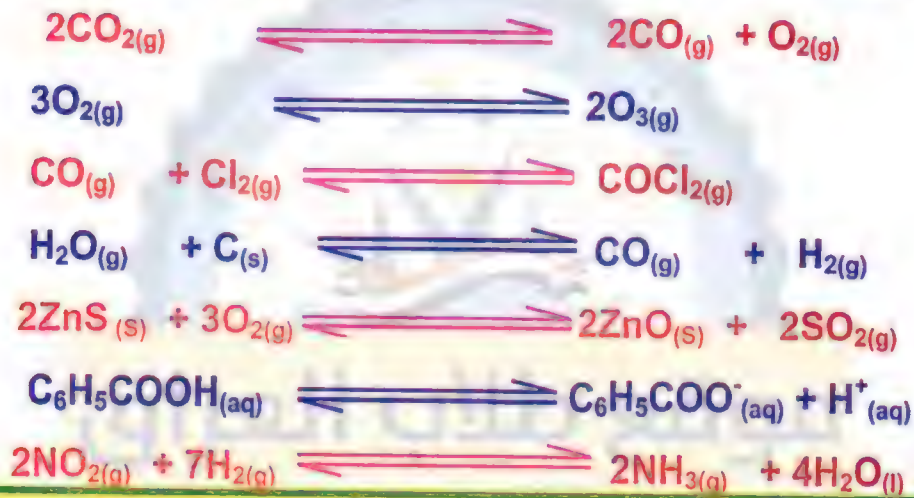
**مثال ( 3-2 )** اكتب ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية



**مثال ( 2-2 )** اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية للتفاعلات التالية

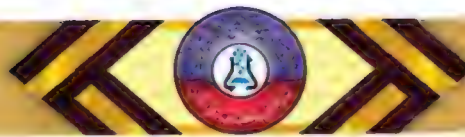


**تمرين ( 2-2 )** اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية والضغط الجزيئية للتفاعلات التالية



رقم التفاعل	$K_c$	$K_p$
الاول	$K_c = \frac{[\text{O}_2][\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]^2}$	$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2 \times P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}^2}$
الثاني (واجب)		
الثالث	$K_c = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$	$K_p = \frac{P_{\text{COCl}_2}}{P_{\text{CO}} \times P_{\text{Cl}_2}}$
الرابع (واجب)		
الخامس	$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2}{[\text{O}_2]^3}$	$K_p = \frac{P_{\text{SO}_2}^2}{P_{\text{O}_2}^3}$
السادس	$K_c = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}$	(لان جميع المحاليل مائية) 1
السابع (واجب)		





## 6-2 حساب ثابت الاتزان

هناك 4 أنواع من المسائل لحساب ثابت الاتزان.

**النوع الاول :** - تكون جميع تراكيز المواد المتفاعلة والناجمة معلومة حيث يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان للتفاعل المعين عند درجة حرارة ثابتة

كيف نعرف انه نوع اول

1. يعطى جميع التراكيز المولارية او جميع الضغوط الجزئية عند الاتزان ويطلب الثابت.

2. يعطى قيمة الثابت وجميع التراكيز او الضغوط النهائية مع بقاء واحد مجهول يكون مطلب

**مثال (2-4) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :**

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$$[\text{CH}_4] = 0.02\text{M}, [\text{C}_2\text{H}_2] = 0.05\text{M}, [\text{H}_2] = 0.143\text{M}$$

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة  $K_c$ 

$$K_c = \frac{[\text{C}_2\text{H}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.05)(0.143)^3}{(0.02)^2} = \frac{(0.05)(0.0029)}{(0.0004)}$$

$$K_c = \frac{(0.05)(29)}{(4)} = 0.05 \times 7.25 = 3.65$$

ملاحظة

لانه اعطى تراكيز كتبنا  $K_c$  بدل من  $K_{eq}$  بالقانون**تمرين (2-3) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :**

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$$[\text{NO}_2] = 0.017\text{M}, [\text{N}_2\text{O}_4] = 0.002\text{M}$$

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة  $K_c$ 

$$K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \longrightarrow K_c = \frac{(0.002)}{(0.017)^2} = 6.92$$

**مثال اضافي 2 للتفاعل التالي**

اذا علمت ان ثابت الاتزان = 8 وان تراكيز كل من الاستيلين 0.4M والميثان 0.02M عند الاتزان جد تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان

الحل

$$K_c = \frac{[\text{C}_2\text{H}_2][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4]^2}$$

$$[\text{H}_2]^3 = \frac{[K_c][\text{CH}_4]^2}{[\text{C}_2\text{H}_2]}$$

$$[\text{H}_2]^3 = \frac{[8][0.02]^2}{[0.4]} = \frac{[8][0.0004]}{[0.4]}$$

$$[\text{H}_2]^3 = \frac{8 \times 4 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-1}} = 8 \times 10^{-3}$$

$$[\text{H}_2] = 2 \times 10^{-1} = 0.2\text{M}$$

ناخذ الجذر التكعيبي





**النوع الثاني :-** تكون قيمة ثابت الاتزان معلومة وتعطى تراكيز او ضغوط جزيئية ابتدائية للمواد المتفاعلة ومطلوب تراكيز المواد المتفاعلة والناجمة عند حصول الاتزان

كيف نعرف انه نوع ثاني

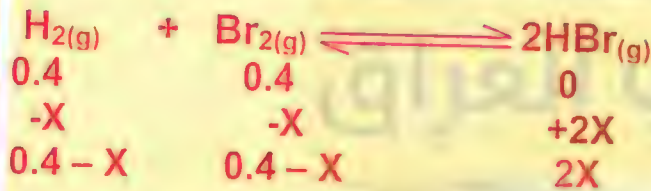
- 1- يعطى جميع التراكيز المولية او الضغوط الجزئية الابتدائية وبقية متساوية او عدد مولات مرتبطة بحجم.
- 2- يعطى قيمة الثابت ويطلب النهائية.

### تمرين (2-4) للتفاعل الاتي

$H_2(g) + Br_2(g) \rightleftharpoons 2HBr(g)$   
وضع 0.4 مول من  $H_2$  و 0.4 مول من  $Br_2$  في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 425 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان  $K_c$  لهذا التفاعل = 0.25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحل

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.4 \text{ mol}}{1L} = 0.4 M$$



$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X][0.4 - X]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X]^2}$$

نجد الطرفين

$$0.5 = \frac{[2X]}{[0.4 - X]}$$

$$\longrightarrow 2X = 0.2 - 0.5X$$

$$2.5X = 0.2$$

$$\longrightarrow X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08 M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$$[H_2] = [Br_2] = 0.40 - 0.08 = 0.32 M$$

$$, [HBr] = 2 \times 0.08 = 0.16 M$$

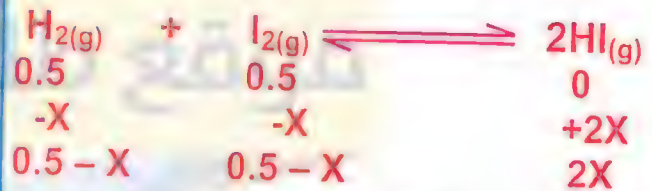
### مثال (2-5) للتفاعل الاتي

$H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$   
خلط 0.5 مول من  $H_2$  و 0.5 مول من  $I_2$  في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 430 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان  $K_c$  لهذا التفاعل = 5.29 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

$$\sqrt{5.29} = 2.3$$

الحل

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.5 \text{ mol}}{1L} = 0.5 M$$



$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X][0.5 - X]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X]^2}$$

نجد الطرفين

$$2.3 = \frac{[2X]}{[0.5 - X]}$$

$$\longrightarrow 2X = 1.15 - 2.3X$$

$$4.3X = 1.15$$

$$\longrightarrow X = \frac{1.15}{4.3} = 0.267 M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$$[H_2] = [I_2] = 0.500 - 0.267 = 0.233 M$$

$$, [HI] = 2 \times 0.267 = 0.534 M$$



## امثلة اضافية عن النوع الثاني

مثال اضافي 4 للتفاعل التالي الغازي



وضع 3 مول من A و 3 مول من B في وعاء حجمه 1.5 لتر وحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان  $K_c$  لهذا التفاعل = 25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحل / واجب

وللتأكد من صحة الحل ستكون الاجوبة

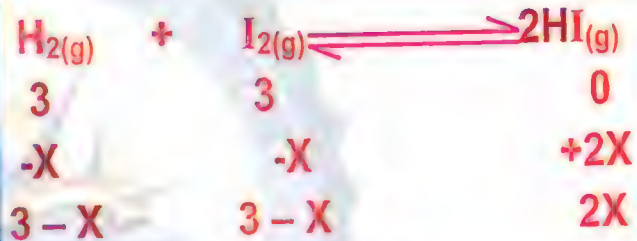
$$[A] = [B] = 0.57 \quad [C] = 2.86$$

مثال اضافي 3 للتفاعل التالي المتزن



في وعاء حجمه 1 لتر خلط  $3 \text{ atm}$  من غاز  $H_2$  ومثلها من غاز  $I_2$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان قيمة ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية =  $10^4$  جد الضغوط الجزيئية عند الاتزان.

الحل /



$$K_p = \frac{P_{HI}^2}{P_{H_2} \times P_{I_2}}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)(3-X)}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)^2} \quad \text{نجد الطرفين}$$

$$100 = \frac{2X}{3-X}$$

$$\longrightarrow 2X = 300 - 100X$$

$$102X = 300$$

$$\longrightarrow X = \frac{300}{102} = 2.94 \text{ atm}$$

لذا الضغوط عند الاتزان

$$P_{H_2} = P_{I_2} = 3 - 2.94 = 0.06 \text{ atm}$$

$$P_{HI} = 2 \times 2.94 = 5.88 \text{ atm}$$

تابعونا على التليكرام

@iQRES





اسئلة الفصل الخاصة عن النوع الثاني ومثال اضافي

**سؤال 26-2** وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة 27°C وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي

مثال اضافي 5 وضع 1g من غاز  $H_2$  (2g/mol) و 19g من غاز  $F_2$  (38g/mol) في وعاء مغلق حجمه 1L عند درجة حرارة معينة وحسب التفاعل التالي

فإذا  $K_c$  للتفاعل = 4 احسب التراكيز النهائية عند الاتزان

الحل / واجبها

وللتأكد من صحة الحل ستكون الاجوبة

الاجوبة  $[H_2] = [F_2] = 0.25$   $[HF] = 0.5$

الحل / نستخرج الضغط الابتدائي لغاز HF من قانون الغاز المثالي حيث

$n = \frac{m}{M} = \frac{4g}{20g/mol} = 0.2mol$

$T = t(c) + 273 = 27 + 273 = 300K$

$V = 2L$

$R = 0.082 L.atm/ mol .K$

$PV = nRT$

$\Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$

$P = \frac{0.2mol \times 0.082L.atm/ mol .K \times 300K}{2L}$

$P = 2.46 atm$  الضغط الابتدائي لغاز HF

$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$

2.46 0 0

-2X +X +X

2.46 - 2X X X

$K_p = \frac{P_{H_2} \times P_{F_2}}{P_{HF}^2}$

$1.21 = \frac{x^2}{(2.46-2x)^2}$  نجد جذور الطرفين

$1.1 = \frac{x}{(2.46-2x)}$

$X = 2.7 - 2.2X$

$3.2X = 2.7$

$X = \frac{2.7}{3.2} = 0.84 atm$

$P_{HF} = 2.46 - (2 \times 0.84)$

$= 2.46 - 1.68 = 0.78 atm$  الضغط النهائي

كيف عرفنا انه نوع ثاني

1- اعطى الثابت

2- اعطى ضغط ابتدائي بصورة غير مباشرة و عرفنا ذلك من كلمة وضع

3- طلب احد الضغوط النهائية عند الاتزان



## مخطط مهم جدا قبل الدخول الى النوع الثالث والرابع

### لفرض التفاعل التالي



وضع - سخن - مزج - ادخل - قبل التفاعل او التفكك

ما تفكك - ما تحلل - ما استهلك - تحلل بمقدار كذا %

-X

-3X

2X قد زاد بمقدار

Y-X

Y-3X

2X

المتبقي او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقى

المتكون او الناتج

اما عبارة جد تراكيز خليط الاتزان او تراكيز الاتزان او التراكيز النهائية فتعني كل التراكيز في الفرضية الثالثة مجهولة.

## ملاحظات في غاية الاهمية

1. اذا كان السؤال للضغوط نفس المخطط تماما فقط نضع قيم الضغوط بدل قيم التراكيز.

2. المخطط كما موضح من 3 صفوف الاول يدعي الفرضية الاولى والثاني الفرضية الثانية والثالث الفرضية الثالثة.

3. اذا ذكر احسب (تراكيز) (عدد مولات) - ضغوط جزئية خليط مزيج الاتزان هذا يعني حساب التراكيز النهائية او الضغوط النهائية عند الاتزان (الفرضية الثالثة).

4. اذا ذكر (خليط - وضع - ادخل - سخن - مزج - تراكيز ابتدائية - قبل التفكك -

يعني ان قيم المواد المعطاة في السؤال او احيانا المطلوبة هي قيم التراكيز الابتدائية (الفرضية الاولى).

5. اذا ذكر كلمة استهلك بمقدار - تفكك - تحلل - ناتج نسبة مئوية للتحلل (معناه التغير في التراكيز او الضغوط الفرضية الثانية).

6. عند ذكر المتبقي من المتفاعلات او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقى في الاناء يعني التراكيز النهائية للمتفاعلات وفي حالة ذكر كملة المتكون او نتج او ما تكون يعني التراكيز النهائية للناتج (الثالثة).

7. عدد المولات الكلية يمثل مجموع عدد المولات عند الاتزان للمواد الناتجة او المتفاعلة.

$$n_T = n_1 + n_2 + n_3 + \dots$$

8. الضغط الكلي يمثل مجموع الضغوط الجزئية النهائية عند للاتزان للمواد المتفاعلة والناتجة.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

ابحث عن اشارات في كل نوع من انواع الثالث وهذه الاشارات هي من سيحل اي سؤال وهي تدل على الاكثر انه نوع ثالث  
 الاشارات هي 1 ما تفكك او تحلل او استهلك 2 المتبقي او ما تبقى 3 المتكون او الناتج 4 الضغط الكلي او عدد  
 المولات الكلية 5 ثابت الاتزان  $K_p$  او  $K_c$  6 النسبة المئوية للمستهلك (اشارة خاصة بالنوع الرابع)  
 في اسئلة توجد اكثر من اشارة من الاشارات اعلاه حاول ان تعرف ممن تستفيد اولاً وكل اشارة لها دور في حل السؤال.  
 تذكر - هذه الملاحظة (سيدة الملاحظات) لا يتم انزال قانون ثابت الاتزان الا بعد التأكد من ان كل التراكيز النهائية  
 معلومة هذا اذا كان الثابت مجهول اما اذا كان معلوم فلا يتم انزال القانون الا اذا كان تركيز نهائي واحد مجهول.



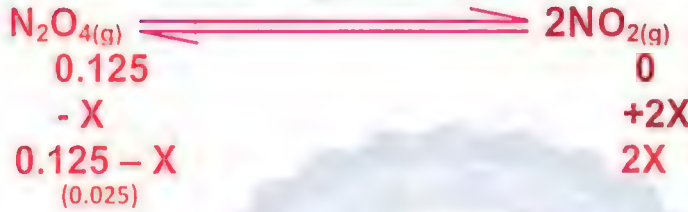
## الامثلة والتمارين الخاصة بالنوع الثالث

**مثال ( 2-6 )** في إحدى التجارب العلمية ادخل  $0.625 \text{ mol}$  من غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$  في وعاء سعته  $5 \text{ L}$  فتفكك الغاز حسب التفاعل ادناه وعند الوصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز  $\text{N}_2\text{O}_4$  المتبقي  $= 0.025 \text{ M}$  احسب قيمة  $K_c$  لهذا التفاعل



الحل / نحسب أولا التركيز الابتدائي للمتفاعل.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.625 \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.125 \text{ M}$$



من معطيات السؤال التركيز النهائي ل  $[\text{N}_2\text{O}_4]$  عند الاتزان  $= 0.025$  وعليه

$$0.125 - X = 0.025 \quad \Rightarrow \quad X = 0.125 - 0.025 = 0.1 \text{ M}$$

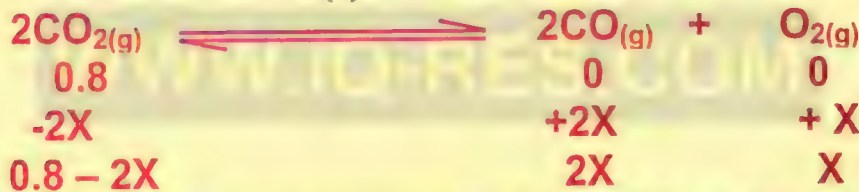
$$[\text{NO}_2] = 2 \times 0.1 = 0.2 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \quad \Rightarrow \quad K_c = \frac{[0.2]^2}{[0.025]} = \frac{[0.04]}{[0.025]} = \frac{40}{25} = 1.6$$

**تمرين ( 2-5 )** للتفاعل الاتي  $2\text{CO}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{(g)} + \text{O}_{2(g)}$  وضع في وعاء حجمه لتر واحد  $0.8$  مول من غاز  $\text{CO}_2$  وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد استهلكت احسب  $K_c$ .

الحل / نحسب أولا التراكيز الابتدائية للمتفاعلات.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.8 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 0.8 \text{ M}$$



من معطيات السؤال ان نصف كمية غاز  $\text{CO}_2$  قد استهلكت وعليه هذا يعني يمكن ايجاد قيمة  $X$  كالآتي

$$2X = \frac{1}{2} (0.8) \quad \Rightarrow \quad 2X = 0.4 \quad \Rightarrow \quad X = 0.2 \text{ M}$$

وعليه التراكيز عند الاتزان كالآتي

$$[\text{CO}_2] = 0.8 - 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ M} \quad [\text{CO}] = 2 \times 0.2 = 0.4 \text{ M} \quad [\text{O}_2] = 1 \times 0.2 = 0.2 \text{ M}$$

$$K_c = \frac{[\text{CO}]^2 [\text{O}_2]}{[\text{CO}_2]^2}$$

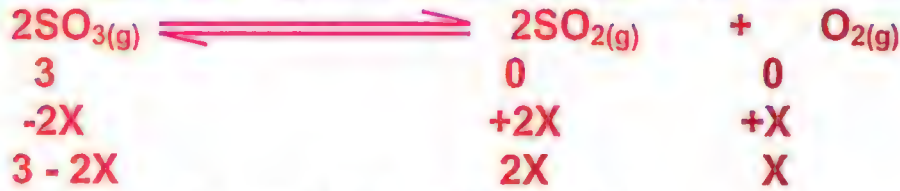
$$K_c = \frac{[0.4]^2 [0.2]}{[0.4]^2} = 0.2$$





مثال ( 2 - 7 ) للتفاعل الغازي الاتي

وفي وعاء مغلق حجمه لتر واحد وجد ان ضغط غاز  $SO_3$  قبل تفككه  $3atm$  عند حرارة معينة بلغ التفاعل حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي  $4atm$  احسب  $K_p$  للتفاعل عند الاتزان.



الضغط المظلي ليس له علاقة بعدد المولات

$$\begin{aligned}
 P_T &= P_{SO_3} + P_{SO_2} + P_{O_2} \\
 4 &= 3 - 2X + 2X + X \\
 4 &= 3 + X \implies X = 1atm
 \end{aligned}$$

وعليه الضغوط عند حالة الاتزان

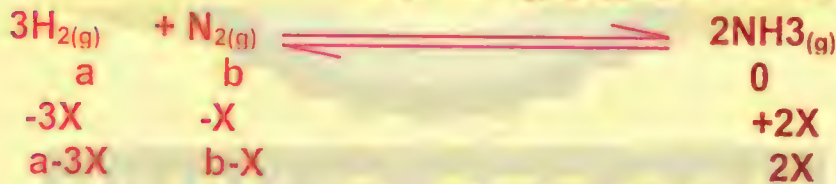
$$P_{SO_3} = 3 - 2X = 3 - 2 = 1atm \quad P_{SO_2} = 2X = 2atm \quad P_{O_2} = 1X = 1atm$$

$$K_p = \frac{P_{SO_2}^2 \times P_{O_2}}{P_{SO_3}^2} \implies K_p = \frac{2^2 \times 1}{1^2} = 4$$

تمرين ( 2 - 6 ) للتفاعل الاتي

وضعت مولات مختلفة من  $H_2$  و  $N_2$  في اناء سعته لتر واحد وعند وصول الى حالة الاتزان وجد ان ما استهلك من  $H_2$  يساوي  $0.3$  وما تبقى من  $N_2 = 0.2$  ما عدد مولات كل من  $H_2$  و  $N_2$  قبل التفاعل علما ان ثابت الاتزان  $K_c = 200$

الحل / بما ان الحجم  $1L$  لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.



من معطيات السؤال نلاحظ ان مقدار ما استهلك من  $H_2 = 0.3$  وعليه

$$3X = 0.3 \implies X = 0.1$$

ما تبقى من  $N_2 = 0.2$  وعليه

$$b - X = 0.2 \implies b - 0.1 = 0.2 \implies b = 0.3 \text{ mol}$$

وعليه عدد مولات  $N_2$  في بداية التفاعل  $0.3 \text{ mol}$

نستخرج قيمة  $a$  من قيمة ثابت الاتزان حيث التراكيز النهائية هي كالآتي

$$[H_2] = a - 0.3 \implies [N_2] = 0.2M \implies [NH_3] = 2x = 2 \times 0.1 = 0.2M$$

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} \implies 200 = \frac{[0.2]^2}{[a - 0.3]^3 [0.2]} \implies 200 = \frac{[0.2]}{[a - 0.3]^3}$$

$$[a - 0.3]^3 = \frac{0.2}{200} \implies [a - 0.3]^3 = 0.001 \text{ وبالجذر التكعيبي}$$

$$a - 0.3 = 0.1 \implies a = 0.4 \text{ mol عدد مولات } H_2 \text{ بداية التفاعل}$$





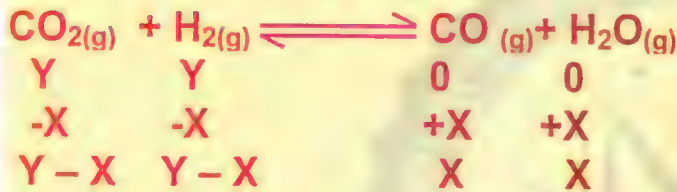
## اسئلة الفصل الخاصة عن النوع الثالث

سؤال 2-24 في التفاعل المتزن

$\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
وفي أثناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2$  وبحرارة  $2000\text{K}$  وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان  $= 3\text{mole}$  ما تراكيز خليط الاتزان علما ان ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي 4؟

الحل/

لان الحجم 1 لتر  $M = n$



بما ان اعطى nT فيمكن القول

$$n_T = n_{\text{CO}_2} + n_{\text{H}_2} + n_{\text{CO}} + n_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$3 = (Y - X) + (Y - X) + X + X$$

$$3 = 2Y$$

$$Y = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ mol} = 1.5M$$

$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}$$

$$4 = \frac{X^2}{(1.5 - X)^2} \quad \text{نجدد الطرفين}$$

$$2 = \frac{X}{(1.5 - X)}$$

$$X = 3 - 2X$$

$$\longrightarrow 3X = 3$$

$$X = 1M$$

وعليه التراكيز عند الاتزان

$$[\text{H}_2] = [\text{CO}_2] = Y - X = 1.5 - 1 = 0.5M$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = X = 1M$$

ملاحظه نخص السؤال اعلاه

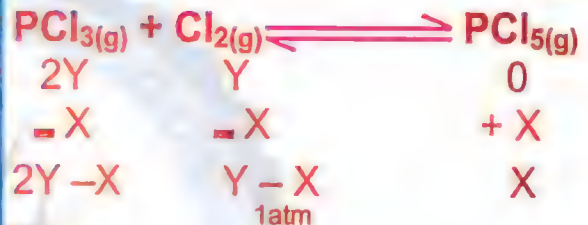
1- تذكر لا يمكن ازالة قانون الثابت اذا كان هناك مجهولين.

2- حينما يعطي مولات كلية على الاغلب يكون الحجم لتر واحد.

سؤال 2-21 في التفاعل المتزن الغازي

$\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$   
وجد ان ضغط  $\text{PCl}_3$  الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط  $\text{Cl}_2$  الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط  $\text{Cl}_2$  يساوي  $1\text{atm}$  فاذا علمت ان  $K_P = \frac{1}{6}$  فما ضغط غازي  $\text{Cl}_2$  و  $\text{PCl}_3$  بداية التفاعل؟

الحل/



من معطيات السؤال ضغط  $\text{Cl}_2 = 1\text{atm}$  وعليه

$$Y - X = 1 \longrightarrow X = Y - 1$$

وعليه ضغط  $\text{PCl}_3$  عند الاتزان =

$$P_{\text{PCl}_3} = 2Y - X$$

$$P_{\text{PCl}_3} = 2Y - (Y - 1)$$

$$P_{\text{PCl}_3} = 2Y - Y + 1$$

$$P_{\text{PCl}_3} = Y + 1$$

وايضا ضغط  $\text{PCl}_5$  عند الاتزان  $Y - 1 = X$

$$K_P = \frac{P_{\text{PCl}_5}}{P_{\text{PCl}_3} \times P_{\text{Cl}_2}}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{Y - 1}{(Y + 1) \times 1}$$

$$6Y - 6 = Y + 1$$

$$5Y = 7$$

$$Y = \frac{7}{5} = 1.4 \text{ atm} = \text{ضغط } \text{Cl}_2 \text{ عند الاتزان}$$

وعليه ضغط  $\text{PCl}_3$  في بداية التفاعل

$$= 2 \times 1.4 = 2.8 \text{ atm}$$

لماذا استخدمنا X بدلالة Y وليس العكس؟

نصيحة/ حينما يكون هناك مجهولين في الفرضية وتريد استخراج احدهما بدلالة

الآخر تذكر يفضل الاستخراج بدلالة من يكون بمفرده بالمعادلة (الفرضية)





**النوع الرابع:-** يعطي قيمة التراكيز الابتدائية ويعطي قيمة للمتحلل او المتفكك بالنسبة المئوية (التغير في التركيز) ويطلب ثابت الاتزان؟ حيث نستخدم هذا القانون

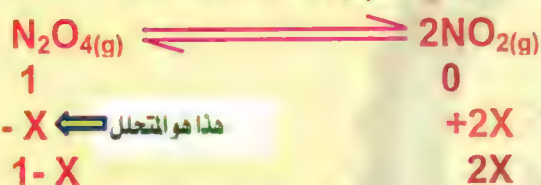
$$\text{النسبة المئوية للمتفكك من } Y = \frac{\text{المتحلل من } Y}{\text{التركيز الابتدائي } Y} \times 100\%$$

$$\frac{\text{النسبة المئوية للمتفكك من } Y \times \text{التركيز الابتدائي } Y}{100\%} = \text{المتحلل من } Y$$

**سؤال 2- 27** اذا كانت درجة تفكك مول واحد من  $N_2O_4$  الى  $NO_2$  هي 20% عند درجة حرارة 27 وضغط 1atm وفي اناء حجمه 1L احسب قيمة  $K_p$  للتفاعل.

الحل:

لان الحجم 1 لتر  $M = n$



$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } N_2O_4 = \frac{\text{المتحلل من } N_2O_4}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$20\% = \frac{\text{المتحلل من } N_2O_4}{1M} \times 100\%$$

$$X = \frac{20M \times 1\%}{100\%} = 0.2M$$

وعليه التراكيز النهائية

$$[N_2O_4] = 1 - X = 1.0 - 0.2 = 0.8M$$

$$[A] = 2X = 2 \times 0.2 = 0.4M$$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \rightleftharpoons K_c = \frac{[0.4]^2}{[0.8]} = \frac{[0.16]}{[0.80]} = 0.2$$

لايجاد  $K_p$  نستخدم العلاقة التالية

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

$$TK = (t_c^\circ + 273)$$

$$TK = (27 + 273) = 300 K$$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$K_p = 0.2 (0.082 \times 300)^1$$

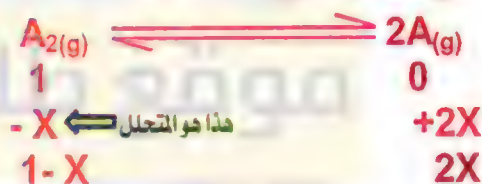
$$K_p = 0.2 \times 24.6 = 4.92$$

**سؤال (2-18) للتفاعل المتزن**

$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$   
وجد انه عند وضع مول من  $A_2$  في اناء تفاعل حجمه لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من  $A_2$  ما قيمة  $K_c$  للتفاعل وما تركيز  $A$  الذي يكون في حالة اتزان مع  $0.01M$  من  $A_2$  عند نفس الظروف؟

الحل:

لان الحجم 1 لتر  $M = n$



$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } A_2 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$1\% = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{1M} \times 100\%$$

$$X = \frac{1M \times 1\%}{100\%} = 0.01M$$

وعليه التراكيز النهائية

$$[A_2] = 1 - X = 1.00 - 0.01 = 0.99M$$

$$[A] = 2X = 2 \times 0.01 = 0.02M$$

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]} \rightleftharpoons K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.99]} = 4 \times 10^{-4}$$

لايجاد تركيز  $A$  نستخدم قيمة  $K_c$

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]}$$

$$4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{[0.01]}$$

$$[A]^2 = 4 \times 10^{-4} \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-6}$$

$$[A] = 2 \times 10^{-3}M$$

من يريد تراكيز جديدة للتفاعل او ناتج ويعطي تراكيز جديدة كتابة التفاعل السابقة في السؤال تهيئ بالمتعاد فقط من قيمة الثابت





## اثرائيات وواجبات الخاصة عن النوع الثالث والرابع

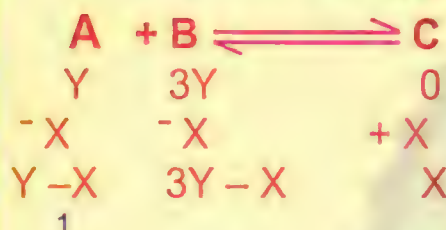
**مثال اضافي 7** في التفاعل المتزن الغازي



وفي اناء حجمه 1 لتر وضع كمية معينة من A وثلاث امثالها من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتبقي من A = 1 mol وان  $K_c = \frac{1}{4}$  جد عدد مولات A و B بداية التفاعل.

**الحل /**

لان الحجم 1 لتر  $M = n$



من معطيات السؤال المتبقي من A = 1 وعليه

$$Y - X = 1 \implies X = Y - 1$$

وعليه

$$[B] = 3Y - X = 3Y - (Y - 1)$$

$$[B] = 3Y - Y + 1 = 2Y + 1$$

$$[C] = X = Y - 1$$

معطى  $[A] = 1$

$$K_c = \frac{[C]}{[A][B]}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{[Y-1]}{[1][2Y+1]}$$

$$4Y - 4 = 2Y + 1$$

$$4Y - 2Y = 1 + 4$$

$$2Y = 5$$

$$Y = \frac{5}{2} = 2.5$$

وعليه عدد مولات الابتدائية لكل من A و B الابتدائية

$$[A] = Y = 2.5 \text{ mol}$$

$$[B] = 3Y = 3 \times 2.5 \text{ mol} = 7.5 \text{ mol}$$

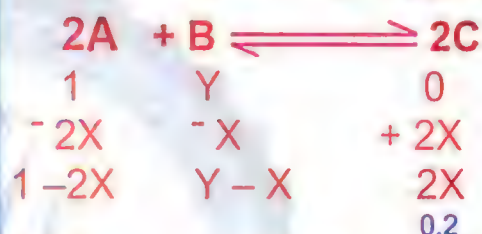
**مثال اضافي 6** في التفاعل المتزن الغازي



وفي اناء حجمه 1 لتر وضع مول واحد A وكمية معينة من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من C = 0.2 مول وتراكيز A و B متساوية جد 1. تركيز B الابتدائي  $K_c = 2$

**الحل / 1**

لان الحجم 1 لتر  $M = n$



من معطيات السؤال المتكون من C = 0.2 وعليه

$$2X = 0.2$$

$$X = \frac{0.2}{2} = 0.1$$

وعليه تركيز A عند الاتزان =

$$[A] = 1 - 2X = 1 - 2(0.1) = 1 - 0.2 = 0.8M$$

وعليه تركيز B عند الاتزان =

$$[B] = Y - X = Y - 0.1$$

بما ان تراكيز A و B متساوية اي

$$0.8 = Y - 0.1$$

$$Y = 0.8 + 0.1 = 0.9$$
 تركيز B الابتدائي

2) لايجاد قيمة  $K_c$  يجب معرفة التراكيز عند الاتزان وهي

$$[A] = 0.8M$$

$$[B] = Y - X = 0.9 - 0.1 = 0.8M$$

$$[C] = 0.2M \text{ معطى}$$

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$$

$$K_c = \frac{[0.2]^2}{[0.8]^2[0.8]}$$

$$K_c = \frac{0.2 \times 0.2}{0.8 \times 0.8 \times 0.8} = \frac{2 \times 2}{8 \times 8 \times 0.8} = \frac{4}{512} = \frac{1}{128} = 0.0078$$





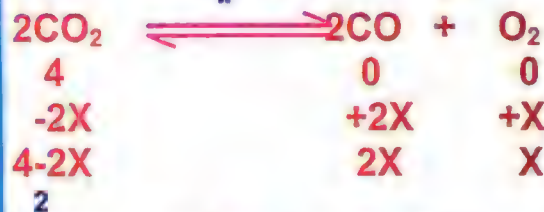


**مثال اضافي 8 في التفاعل المتزن الغازي**



وفي اناء حجمه 1 لتر وضع  $4\text{atm}$  من  $\text{CO}_2$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الجزئي لـ  $\text{CO}_2$  هو  $2\text{atm}$

جد (1)  $K_p$  (2) الضغط الكلي



بما ان الضغط الجزئي لـ  $\text{CO}_2$  عند الاتزان  $2\text{atm}$  وعليه

$$4 - 2X = 2 \Rightarrow 4 - 2 = 2X$$

$$2 = 2X \Rightarrow X = 1\text{atm}$$

وعليه باقي الضغوط عند الاتزان

$$P_{\text{CO}_2} = 2X = 2 \times 1 = 2\text{atm}$$

$$P_{\text{O}_2} = X = 1\text{atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2 \times P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}^2}$$

$$K_p = \frac{2^2 \times 1}{2^2} = \frac{4}{4} = 1$$

(2) ايجاد الضغط الكلي

$$P_T = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{CO}} + P_{\text{O}_2}$$

$$P_T = 2 + 2 + 1 = 5\text{atm}$$

**مثال اضافي 9 في التفاعل المتزن الغازي**

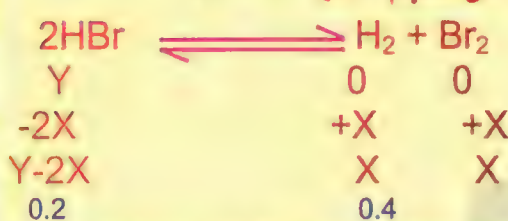


وفي اناء حجمه 1 لتر وضعت كمية من  $\text{HBr}$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات كل من  $\text{H}_2 = 0.4\text{mol}$  والمتبقي من  $\text{HBr}$   $= 0.2\text{mol}$  ما عدد مولات  $\text{HBr}$  بداية التفاعل ثم

جد قيمة  $K_c$

الحل /

لان الحجم 1 لتر  $M = n$



من معطيات السؤال المتكون من  $\text{H}_2 = 0.4$  وعليه

$$X = 0.4\text{mol}$$

$$Y - 2X = 0.2$$

$$Y - 2(0.4) = 0.2$$

$$Y - 0.8 = 0.2$$

$$Y = 0.2 + 0.8 = 1\text{mol}$$
 عدد مولات  $\text{HBr}$  بداية التفاعل

$$2) K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{Br}_2]}{[\text{HBr}]^2} = \frac{0.4 \times 0.4}{0.2 \times 0.2} = 4$$

وعليه

**واجبات عن النوع الثالث تحل في دفتر الواجبات.**

**مثال اضافي 10** للتفاعل المتزن الغازي الاتي  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$  وضع  $6\text{mol}$  من  $\text{SO}_2$  و  $4\text{mol}$  من  $\text{O}_2$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تركيز  $\text{SO}_3$  ضعف  $\text{O}_2$  جد  $K_c$

الجواب = 4

علما ان حجم الاناء 2 لتر

**مثال اضافي 11** للتفاعل المتزن الغازي الاتي  $2\text{C} \rightleftharpoons \text{A} + 2\text{B}$  وفي اناء حجمه لتر واحد وضع  $3\text{mol}$  من  $\text{A}$  و  $2\text{mol}$  من  $\text{B}$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من  $\text{C} = 1\text{mol}$  جد  $K_c$

الجواب = 0.4

**مثال اضافي 12** للتفاعل المتزن الغازي الاتي  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{COCl}_2$  وفي اناء حجمه لتر واحد وضع  $0.4\text{atm}$  من  $\text{CO}$  و  $0.6\text{atm}$  من  $\text{Cl}_2$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان

الجواب = 2.5

ان الضغط الكلي  $= 0.8\text{atm}$  جد  $K_p$  للتفاعل.

**مثال اضافي 13** للتفاعل المتزن الغازي الاتي  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$  وفي اناء

حجمه 4 لتر وضع  $4\text{mol}$  من  $\text{SO}_3$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الوعاء يحتوي

الجواب = 0.675

$2.4\text{mol}$  من غاز  $\text{SO}_2$  احسب  $K_c$





مثال اضافي 14 للتفاعل المتزن



وجد انه عند وضع 4 مول من  $O_2$  في اناء تفاعل حجمه 2 لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتفكك 40% من  $O_2$  ما قيمة  $K_c$  للتفاعل وما تركيز  $O_3$  الذي يكون في حالة اتزان مع  $O_2$  من 0.1M عند نفس الظروف؟

الحل:

$$M = \frac{4}{2} = 2M$$



النسبة المئوية للمتحلل من  $O_2$  =  $\frac{\text{المتحلل من } O_2}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$

$$30\% = \frac{\text{المتحلل من } O_2}{2M} \times 100\%$$

$$3X = \frac{2M \times 30\%}{100\%} = 0.6M$$

$$X = \frac{0.6}{3} = 0.2M$$

وعليه التراكيز النهائية

$$[O_2] = 2 - 3X = 2 - 3(0.2) = 2 - 0.6 = 1.4M$$

$$[O_3] = 2X = 2 \times 0.2 = 0.4M$$

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$$

$$K_c = \frac{0.4 \times 0.4}{1.4 \times 1.4 \times 1.4}$$

$$K_c = \frac{6 \times 6}{14 \times 14 \times 14} = \frac{9}{68.6} = 0.13$$

لايجاد تركيز  $O_3$  نستخدم قيمة  $K_c$

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$$

$$[O_3]^2 = K_c \times [O_2]^3$$

$$[O_3]^2 = 0.13 \times (2)^3$$

$$[O_3]^2 = 0.13 \times 8 = 1.04$$

$$[O_3] = 1.02$$

مثال اضافي 15 للتفاعل المتزن



في اناء تفاعل حجمه 2 لتر وضع 6mol من  $H_2$  و 4mol من  $N_2$  وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد انه يتفكك 60% من  $H_2$ . احسب  $K_c$  للتفاعل.

2. النسبة المئوية للمتحلل من  $N_2$

3. ما تركيز  $NH_3$  الذي يكون في حالة اتزان مع 1M من  $H_2$  و 0.6M من  $N_2$  عند نفس الظروف؟

واجب/ الاجوبة تكون

$$0.6M/ج - 3 \quad 30\%/ج - 2 \quad 0.6/ج - 1$$

www.101IES.COM



العلاقة بين ثابت الاتزان  $K_p$  و  $K_c$ هناك علاقتين تربط بين ثابت الاتزان  $K_p$  و  $K_c$  وهما

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$$

$$0.082 \text{ L} \cdot \text{atm}$$

$$\text{mol} \cdot \text{K}$$

$$TK = (t^\circ \text{C} + 273)$$

حيث  $R$  هي قيمة ثابت الغازات وهي = $T$  هي درجة حرارة الكلن وهي =اما الرمز  $\Delta ng$  فيستخرج من العلاقة التالية

$$\Delta ng = \sum n_g (P) - \sum n_g (R)$$

اذا كان عدد المولات في جهة النواتج = عدد المولات في جهة المتفاعلات فهذا

يعني ان قيمة  $\Delta ng = 0$ وهذا يعني ان  $K_c = K_p$ 

$$K_p = K_c (RT)^{0} \quad K_p = K_c (RT)^0$$

$$K_p = K_c$$

مثال (9-2) افترض حصول التفاعل الغازي

الاتي عند حرارة  $300\text{K}$ 

وجد ان قيم الضغوط الجزئية لكل من غازي

النواتج عند حصول الاتزان  $= 0.3\text{atm}$ . احسب $K_p$  و  $K_c$  للتفاعل.

لاحظ عدم وجود  
مقادير القسائم  
لان المتفاعلات  
ليست بالغازية

$$K_p = P_{\text{NH}_3} \times P_{\text{H}_2\text{S}}$$

$$K_p = 0.3 \times 0.3 = 0.09$$

$$\Delta ng = 2 - 0 = 2$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng} = 0.09 (0.082 \times 300)^{-2}$$

$$K_c = \frac{0.09}{(24.6)^2} = \frac{0.09}{605.16} = 1.5 \times 10^{-4}$$

الحل

مثال (8-2) في تفاعل ما  $\Delta ng = -1$  و $K_c = 4.1$  بدرجة حرارة  $227^\circ\text{C}$  فما قيمة  $K_p$ 

لهذا التفاعل

الحل

$$TK = (t^\circ + 273)$$

$$TK = (227 + 273) = 500 \text{ K}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

$$K_p = 4.1 (0.082 \times 500)^{-1}$$

$$K_p = \frac{4.1}{41} = 0.1$$

تمرين (8-2) اذا كانت  $K_c$  تساوي  $1.6$  عند  $1000^\circ\text{C}$ احسب ضغط  $\text{CO}$  الجزئي عندما يكونالضغط الجزئي لغاز  $\text{CO}_2 = 0.6\text{atm}$ الحل / نجد اولاً قيمة  $K_p$ 

$$TK = (t^\circ + 273)$$

$$TK = (1000 + 273) = 1273 \text{ K}$$

$$\Delta ng = 2 - 1 = 1$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

$$K_p = 1.6 (0.082 \times 1273)^1 = 167$$

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} \implies 167 = \frac{P_{\text{CO}}^2}{0.6}$$

$$P_{\text{CO}}^2 = 100 \implies P_{\text{CO}} = 10 \text{ atm}$$

تمرين (7-2) احسب قيمة  $K_c$  للتفاعلالمتزن التالي عند  $500^\circ\text{C}$  اذا علمت ان قيمة $K_p$  للتفاعل تساوي  $1.5 \times 10^{-5}$  عند درجة

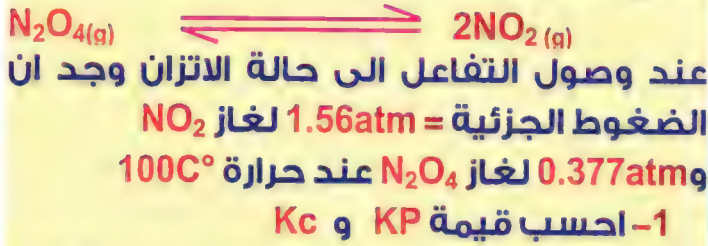
الحرارة نفسها ؟ (واجب الناتج 0.06)





## مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين $K_p$ و $K_c$

**سؤال ( 2-12 )** التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد



2- ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد.

الحل /

$$K_p = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{N_2O_4}}$$

$$K_p = \frac{(1.56)^2}{0.377} = 6.455$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$TK = (t_c^\circ + 273)$$

$$T(K) = 100 + 273 = 373 \text{ K}^\circ$$

$$K_c = 6.455 \times (0.082 \times 373)^{-1}$$

$$K_c = \frac{6.455}{30.586}$$

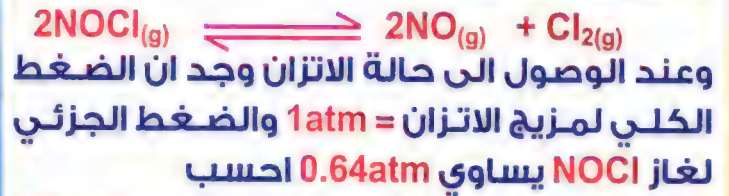
$$K_c = 0.21$$

2) عند اضافة العامل المساعد فان الضغوط

الجزئية لا تتأثر لان العامل المساعد يزيد من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان



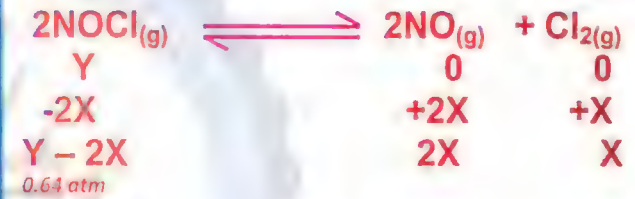
**سؤال ( 2-11 )** عند تسخين غاز  $NOCl$  الى حرارة  $240^\circ C$  في اناء مغلق حجمه لتر واحد حسب المعادلة



1- الضغوط الجزئية لكل من غازي  $NO$  و  $Cl_2$  عند الاتزان.

2- ثابت الاتزان  $K_c$  عند نفس درجة الحرارة؟

الحل



$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl_2}$$

$$1 = 0.64 + 2X + X$$

$$1.00 - 0.64 = 3X$$

$$0.36 = 3X$$

$$X = 0.12 \text{ atm}$$

وعليه الضغوط الجزئية عند الاتزان

$$P_{NOCl} = 0.64 \text{ atm}$$

$$P_{NO} = 2X = 2 \times 0.12 = 0.24 \text{ atm}$$

$$P_{Cl_2} = X = 0.12 \text{ atm}$$

2) ايجاد قيمة  $K_c$

$$K_p = \frac{P_{NO}^2 \times P_{Cl_2}}{P_{NOCl}^2}$$

$$K_p = \frac{(0.24)^2 \times 0.12}{(0.64)^2} = 0.017$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$$

$$T(K) = 240 + 273 = 513 \text{ K}^\circ$$

$$K_c = 0.017 \times (0.082 \times 513)^{-1}$$

$$K_c = \frac{0.017}{42.066} = 4 \times 10^{-4}$$







## الاثرائيات الخاصة بالعلاقة بين $K_p$ و $K_c$

مثال اضافي 17 للتفاعل المتزن الاتي



وجد ان ثابت الاتزان بدلالة  $K_c$  بمقدار 82 من  $K_p$  بحرارة  $727^\circ C$  جد قيمة  $a$  في المعادلة؟  
الحل/

$$T(K) = 727 + 273 = 1000 K^\circ$$

$$\Delta n_g = a - 2$$

$$K_c = 82K_p$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$82K_p = K_p (0.082 \times 1000)^{-(a-2)}$$

$$82 = (82)^{-a+2}$$

اذا تساوت الاساسات تساوت الاسس

$$1 = -a + 2$$

$$a = 2 - 1 = 1$$

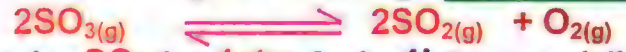
مثال اضافي 18 للتفاعل المتزن الاتي



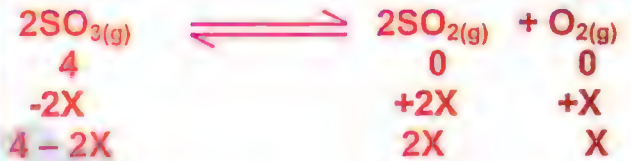
وجد ان ثابت الاتزان بدلالة  $K_c = 820$  وبدلالة  $K_p = 10$  جد درجة الحرارة بوحدة السيليزي

الحل/ واجب/ الجواب  $727^\circ C$

مثال اضافي 16 في التفاعل الاتي



في اناء حجمه 1L وضع  $4atm$  من  $SO_3$  وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الغازات  $5atm$  احسب  $K_c$  عند درجة الحرارة  $227^\circ C$   
الحل



$$P_T = P_{SO_3} + P_{SO_2} + P_{O_2}$$

$$5 = 4 - 2X + 2X + X$$

$$5 = 4 + X$$

$$5 - 4 = X$$

$$X = 1 atm$$

وعليه الضغوط الجزئية عند الاتزان

$$P_{SO_3} = 4 - 2 = 2atm$$

$$P_{SO_2} = 2X = 2 \times 1 = 2 atm$$

$$P_{O_2} = X = 1 atm$$

$$K_p = \frac{P_{SO_2}^2 \times P_{O_2}}{P_{SO_3}^2}$$

$$K_p = \frac{(2)^2 \times 1}{(2)^2} = 1$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$$

$$T(K) = t_{(c)}^\circ + 273$$

$$T(K) = 227 + 273 = 500 K^\circ$$

$$K_c = 1 \times (0.082 \times 500)^{-1}$$

$$K_c = \frac{1}{41} = 0.014$$



تابعونا على التليكرام

@IQRES



المركز التسويقي





مثال اضافي 19 للتفاعل المتزن



وضع 5 مول من  $O_3$  في اناء تفاعل حجمه 1250ml وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان  $O_2$  زاد بمقدار 0.6M  
جد (1) تركيز  $O_3$  عند الاتزان.

(2)  $K_p$  عند حرارة 2000 K

واجب / الاجوبة تكون

1-  $[O_3] = 3.6M$  / ج-2  $K_p = 2.624$

مثال اضافي 20 للتفاعل المتزن



وضع 0.4 atm من CO وكمية معينة من  $O_2$  وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان

وجد ان المستهلك من CO = 0.2atm

والمتبقي من  $O_2$  = 0.4 atm

جد (1) ضغط  $O_2$  الابتدائي (2)  $K_p$

(3)  $K_c$  عند حرارة 1000 K

واجب / الاجوبة تكون

1-  $[O_2] = 0.5atm$  / ج-2  $K_p = 2.5$  / ج-3  $K_p = 205$

موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM



## 2 - 8 أهمية ثابت الاتزان

لمعرفة قيمة ثابت الاتزان أهمية كبيرة حيث يمكن لقيمته العددية

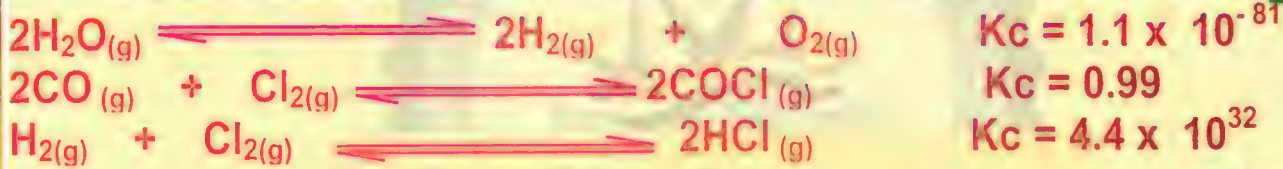
أ. تحديد اتجاه التفاعل ب. بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

## أ- تحديد اتجاه التفاعل من معرفة قيمة ثابت الاتزان.

يمكن تحديد اتجاه التفاعل من خلال قيمة ثابت الاتزان وذلك وفق ما يلي

- 1- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا يدل على ان تركيز المواد الناتجة كبير جدا ويعني ذلك التفاعل يسير في اتجاه واحد هو الأمامي ينزاح نحو اليمين.
- 2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا يدل على ان تركيز المواد الناتجة صغير جدا ويعني ذلك التفاعل يسير في اتجاه واحد هو الخلفي ينزاح نحو اليسار.
- 3- اذا كانت القيمة = الواحد الصحيح او قيمة مقاربة له يعني ان قيمة المواد الناتجة والمتفاعلة متساوية.

تمرين (2-9) من قيم ثوابت الاتزان  $K_c$  لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها



الحل /

- 1- التفاعل الاول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا النوع من التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العلمية (عبارة ثابتته للقيم الصغيرة)
- 2- التفاعل الثاني ثابت الاتزان مقاربة للواحد اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة مقاربة جدا لكمية المواد المتفاعلة. (عبارة ثابتته للقيم القريبة من الواحد)
- 3- التفاعل الثالث قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال لذا نستطيع القول ان هذا التفاعل أقرب من الكمال. (عبارة ثابتته للقيم الكبيرة)

راجع ايضا مثال (2-10)

## تذكر

قيمة الثابت كبيرة من  $10^n$  فما فوق الاتجاه نحو النواتج

قيمة الثابت صغيرة  $10^{-n}$  فما تحت نحو الاتجاه نحو المتفاعلات

قريبة من الواحد كمية المتفاعلة = كمية الناتجة





## ب - العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

من المهم ملاحظة كافة الحالات ان علاقة ثابت الاتزان في التفاعل تتبع الصيغة التي تكتب بها المعادلة الكيميائية الموزونة وسندرج هنا 3 قواعد وهي

**القاعدة الأولى:-** اذا تم عكس اتجاه التفاعل ما فان قيمة ثابت الاتزان الجديد = مقلوب ثابت الاتزان الاول

$$K_{c2} = \frac{1}{K_{c1}}$$

**القاعدة الثانية** اذا تم ضرب معادلة ما في معامل معين فان ثابت الاتزان الجديد يساوي قيمة ثابت الاتزان الاول مرفوعا الى أس يساوي ذلك المعامل. مثلا

اذا ضربت المعادلة في المعامل 2 فانه  $K_{c2} = (K_{c1})^2$

اما اذا ضربت المعادلة في المعامل  $\frac{1}{2}$  فانه  $K_{c2} = \sqrt{K_{c1}}$

اذا تم قلب معادلة وايضا ضربت في 2 فانه  $K_{c2} = \left(\frac{1}{K_{c1}}\right)^2$

اذا تم قلب معادلة وايضا ضربت في المعامل  $\frac{1}{2}$  فانه  $K_{c2} = \sqrt{\frac{1}{K_{c1}}}$



### مثال عام لتوضيح الحالات أعلاه



وكانت قيمة ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية له = 4 جد قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات التالية



**الحل /** بالنسبة للتفاعل الاول نلاحظ انه ضرب بالمعامل 2 وعليه

$$K_{c2} = (K_{c1})^2 = (4)^2 = 16$$

بالنسبة للتفاعل الثاني نلاحظ انه ضرب بالمعامل  $\frac{1}{2}$  وعليه

$$K_{c2} = \sqrt{K_{c1}} = \sqrt{4} = 2$$

بالنسبة للتفاعل الثالث نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي

$$K_{c2} = \frac{1}{K_{c1}} = \frac{1}{4} = 0.25$$

بالنسبة للتفاعل الرابع نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي وضرب بالمعامل 2

$$K_{c2} = \left(\frac{1}{K_{c1}}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16} = 0.0625$$

بالنسبة للتفاعل الخامس نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي وضرب بالمعامل  $\frac{1}{2}$

$$K_{c2} = \sqrt{\frac{1}{K_{c1}}} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

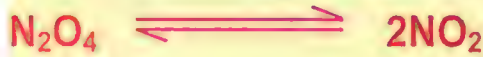


تمرين (10-2) للتفاعل التالي



ثابت الاتزان  $K_P$  له  $= 0.39$  بدرجة حرارة  $227^\circ\text{C}$

فما قيمة  $K_C$  للتفاعل التالي



الحل /

$$\Delta n_g = 1 - 2 = -1$$

$$T = 227 + 273 = 500\text{K}$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n_g} = 0.39(0.082 \times 500)^{-(-1)}$$

$$K_c = 0.39(41)^1 = 16$$

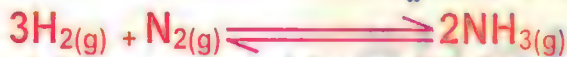
نلاحظ ان المعادلة الثانية هي عكس المعادلة الأصلية وعليه

سيكون ثابت الاتزان له بالصورة الآتية

$$K_{c2} = \frac{1}{K_{c1}} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

سؤال (14-2) من أسئلة الفصل

يتزن التفاعل التالي



بدرجة حرارة  $377^\circ\text{C}$  وقيمة ثابت الاتزان  $= 1.96$

احسب قيم ثابت الاتزان للتفاعلات التالية.



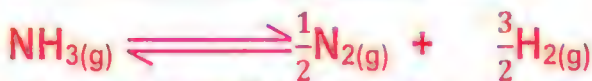
الجواب / نلاحظ ان المعادلة هي معكوس المعادلة الأصلية وعليه

$$K_{c2} = \frac{1}{1.96} = 0.51$$



نلاحظ ان المعادلة قد ضربت بالمعامل  $\frac{1}{2}$

$$K_{c2} = \sqrt{K_{c1}} = \sqrt{1.96} = 1.4$$

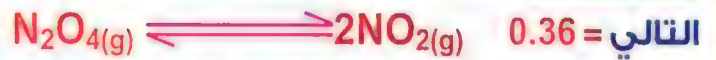


نلاحظ ان المعادلة هي معكوس المعادلة الأولى وايضا مضروبة في

العدد  $\frac{1}{2}$  وعليه سيكون ثابت الاتزان لها بالصورة التالية

$$K_{c2} = \sqrt{\frac{1}{K_{c1}}} \sqrt{\frac{1}{1.96}} = 0.714$$

مثال (11-2) اذا كان ثابت الاتزان للتفاعل



فما ثابت الاتزان للتفاعلات التالية



الحل /

نلاحظ ان المعادلة الأولى هي عكس المعادلة الأصلية

وعليه سيكون ثابت الاتزان له بالصورة الآتية

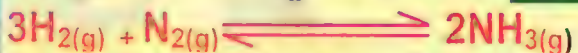
$$K_{eq2} = \frac{1}{K_{eq1}} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي نفس المعادلة الأولى لكنها

مضروبة بالعدد  $1/2$  وعليه سيكون ثابت الاتزان

$$K_{eq2} = \sqrt{K_{eq1}} = \sqrt{0.36} = 0.6$$

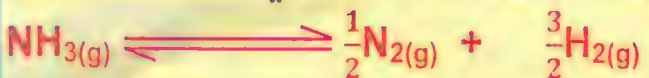
تمرين (11-2) للتفاعل التالي



بدرجة حرارة معينة وجد ان خليط الاتزان

يحتوي  $0.02\text{M}$  من  $\text{NH}_3$  و  $0.1\text{M}$  من  $\text{H}_2$  و  $\text{N}_2$

ما ثابت الاتزان للتفاعل التالي



الحل /

نستخرج  $K_C$  للتفاعل الأصلي

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{H}_2]^3[\text{N}_2]}$$

$$K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.1]^3[0.1]} = \frac{0.0004}{0.0001} = 4$$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي معكوس المعادلة الأولى وايضا

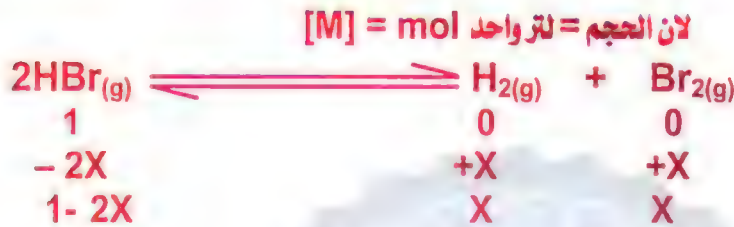
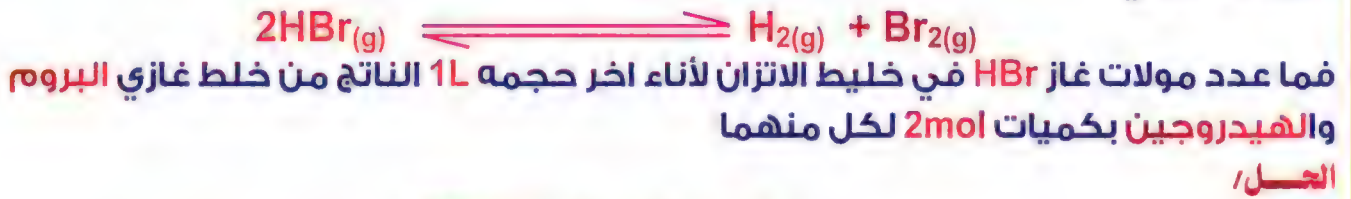
مضروبة في العدد  $\frac{1}{2}$  وعليه سيكون ثابت الاتزان لها بالصورة

التالية

$$K_{c2} = \sqrt{\frac{1}{K_{c1}}} \sqrt{\frac{1}{4}} = 0.5$$



**تمرين (12-2)** وضع **مول واحد** من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق **حجمه لتر واحد** ودرجة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز البروم **0.2mol** حسب التفاعل التالي؟



المتكون من من غاز البروم = 0.2 اي ان  $X = 0.2$  وعليه التراكيز عند الاتزان.

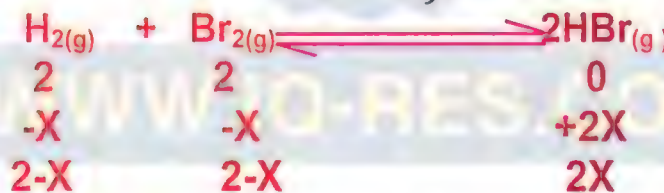
$$[\text{H}_2] = [\text{Br}_2] = 0.2\text{M}$$

$$[\text{HBr}] = 1 - (2 \times 0.2) = 0.6\text{M}$$

$$K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{Br}_2]}{[\text{HBr}]^2} = \frac{[0.2][0.2]}{[0.6]^2} = \frac{1}{9}$$

معادلة تكون غاز **HBr** هي  $\text{H}_{2(g)} + \text{Br}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{HBr}_{(g)}$  حيث نلاحظ ان المعادلة 2 هي معكوس المعادلة الأولى.

$$K_{c2} = \frac{1}{K_{c1}} = \frac{1}{\frac{1}{9}} = 9$$



$$K_c = \frac{[\text{HBr}]^2}{[\text{H}_2][\text{Br}_2]} \Rightarrow 9 = \frac{[2X]^2}{[2-X]^2} = \text{نجدد الطرفين}$$

$$3 = \frac{[2X]}{[2-X]} \Rightarrow 2X = 6 - 3X \Rightarrow X = \frac{6}{5} = 1.2\text{M}$$

$$[\text{HBr}] = 1.2 \times 2 = 2.4\text{mol}$$

(فكرة عن حل السؤال)

1] نستخرج  $K_c$  للتفاعل الاول من المعلومات المتوفرة

2] نعمل مقارنة بين التفاعل الاول والثاني ونستخرج  $K_c$  للتفاعل الثاني

3] نستخرج تركيز **HBr** للتفاعل الثاني بعد عمل معادلة جديدة بالاستفادة من قيمة  $K_c$





## الاثرائيات الخاصة بموضوع اهمية ثابت الاتزان

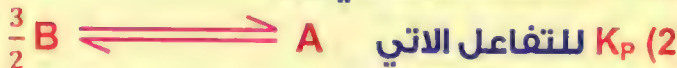
**مثال اضافي 22** في اناء حجمه 1L وضع

ضغط معين من A للتفاعل الغازي الاتي

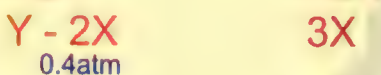
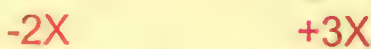


وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتبقي من A = 0.2atm والضغط الكلي = 1atm.

(جد 1) الضغط الابتدائي لـ A



(الحل / 1) ايجاد الضغط الابتدائي



0.4atm

$$P_T = P_A + P_B$$

$$1 = 0.4 + 3X$$

$$0.6 = 3X$$

$$X = \frac{0.6}{3} = 0.2atm$$

وعليه الضغط الابتدائي لـ A

$$Y - 2X = 0.4$$

$$Y - 2(0.2) = 0.4$$

$$Y - 0.4 = 0.4$$

$$Y = 0.4 + 0.4 = 0.8atm$$

(2) نجد K<sub>p</sub> للتفاعل

$$P_A = 0.2atm \text{ معطى}$$

$$P_B = 3X = 3 \times 0.2 = 0.6atm$$

$$K_p = \frac{P_B^3}{P_A^2} = \frac{0.6 \times 0.6 \times 0.6}{0.4 \times 0.4}$$

$$K_p = \frac{P_B^3}{P_A^2} = \frac{0.6 \times 0.6 \times 0.6}{0.2 \times 0.2}$$

$$K_p = \frac{P_B^3}{P_A^2} = \frac{6 \times 6 \times 6}{2 \times 2} = \frac{3 \times 3 \times 0.6}{1}$$

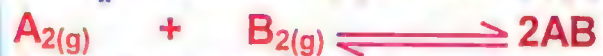
$$K_p = 5.4$$

نلاحظ ان المعادلة انقلبت وقسمت على 2 وعليه.

$$K_{p2} = \sqrt{\frac{1}{K_{p1}}} = \sqrt{\frac{1}{5.4}} = \frac{1}{0.185}$$

**مثال اضافي 21** في اناء حجمه 1L وضع

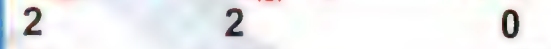
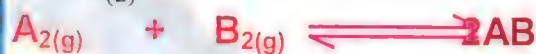
4mol من A<sub>2</sub> و مثلها من B<sub>2</sub> للتفاعل الاتي



وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المستهلك من A<sub>2</sub> = 1M ماهي تراكيز خليط الاتزان لآناء اخر حجمه 3L وضع فيه 6mol من AB.

الحل / نجد K<sub>c</sub> لتفاعل الآناء الاول.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{4}{2} = 2M$$



بما ان المستهلك من A = 1M وعليه يمكن القول.

$$X = 1M$$

وعليه التراكيز عند الاتزان.

$$[A] = [B] = 2 - X = 2 - 1 = 1M$$

$$[AB] = 2X = 2 \times 1 = 2M$$

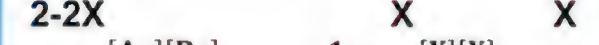
$$K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{[2]^2}{[1][1]} = 4$$

اكتب المعادلة

بما ان المعادلة الثانية هي عكس معادلة 1 سيكون لها الثابت

$$K_{c2} = \frac{1}{[K_{c1}]} = \frac{1}{4}$$

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{6}{3} = 2M$$



$$K_c = \frac{[A_2][B_2]}{[AB]^2} \quad \frac{1}{4} = \frac{[X][X]}{[2-2X]^2}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{[X]}{[2-2X]^2}$$

$$2X = 2 - 2X \quad \longrightarrow \quad 2X + 2X = 2$$

$$4X = 2 \quad \longrightarrow \quad X = \frac{1}{2} = 0.5M$$

وعليه تراكيز الاتزان للآناء الثاني

$$[A] = [B] = 0.5M$$

$$[AB] = 2 - 2(0.5) = 2 - 1 = 1M$$







**مثال اضافي 23** وضع 6.4 مول من كلوريد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه 2L وحرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز الكلور 0.4mol حسب



التفاعل التالي فما عدد مولات غاز HCl في خليط الاتزان أثناء اخر حجمه 1L الناتج من خلط غازي الكلور والهيدروجين بكميات 4M لكل منهما

الحل / واجب للتأكد من صحة الحل سيكون الناتج 3.5mol

موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM



WWW.IQ-RES.COM



@iQRES



/iQRES

موقع طلاب العراق





**القاعدة الثالثة** - إذا كان التفاعل ناتجا من مجموع عدد من التفاعلات فإن ثابت الاتزان = حاصل ضرب ثوابت الاتزان لكل التفاعلات التي ينتج من مجموعها.  
مثلا لناخذ التفاعلين الآتيين



$$K_c = \frac{[CO]}{[O_2]^{1/2}}$$



$$K_c = \frac{[CO_2]}{[CO][O_2]^{1/2}}$$

وبجمع التفاعلين نحصل على المعادلة التالية



$$K_c = \frac{[CO_2]}{[O_2]}$$

ان ثابت الاتزان لهذه المعادلة الأخيرة سيكون حاصل ضرب ثابت الاتزان المعادلة الأولى والثانية.

**تمرين (13-2)** وجد ان ثابت الاتزان للضغوط الجزيئية بدرجة حرارة 2000K لكل من التفاعلات التالية.



$$K_p = 150$$



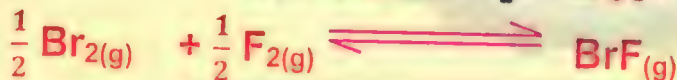
$$K_p = 2.5$$

احسب ثابت الاتزان للتفاعل  $K_c$  الاتي



$$K_c = ?$$

للحصول على المعادلة المطلوبة تبقى المعادلة الأولى كما هي وتقلب المعادلة الثانية



$$K_{p1} = 150$$



$$K_{p2} = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{2.5} = 0.4$$



$$K_p = ?$$

$$K_p = K_{p1} \times K_{p2} = 150 \times 0.4 = 60$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$K_c = 60(0.082 \times 2000)^{(-1)}$$

$$K_c = 60(164)^{(-1)}$$

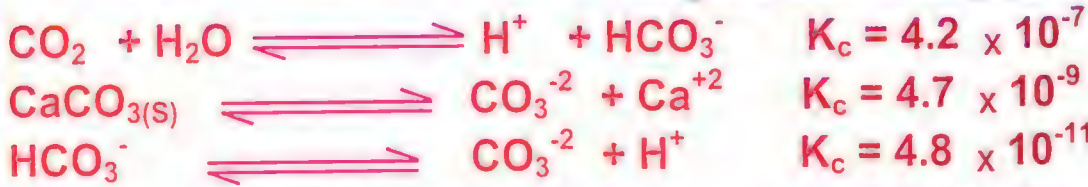
$$K_c = \frac{60}{164} = 0.366$$





## اسئلة الفصل الخاصة بموضوع اهمية ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة / القاعدة الثالثة

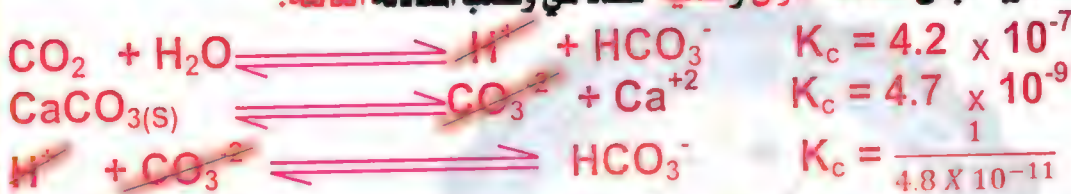
15-2 اذا كانت ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية



فما ثابت الاتزان للتفاعل التالي



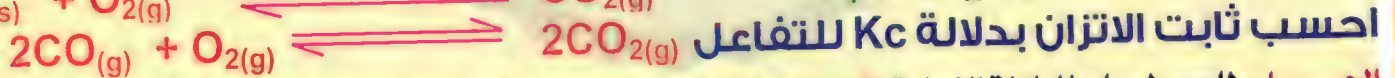
الجواب / للحصول على المعادلة المطلوبة تبقى المعادلة الاولى والثانية كما هي ونقلب المعادلة الثالثة.



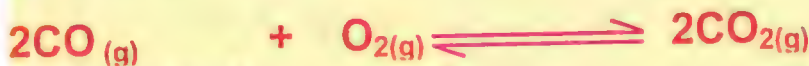
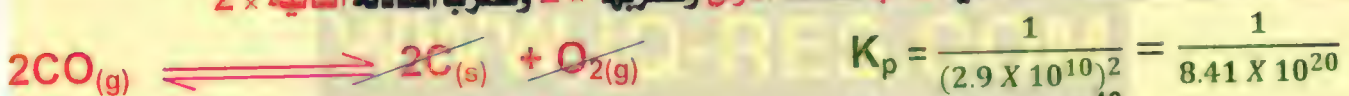
$$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3}$$

$$K_c = 4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9} \times \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}} = 4.1 \times 10^{-5}$$

29-2 وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية  $K_p$  بحرارة 1000K للتفاعلات ادناه



الحل / للحصول على المعادلة الاصلية نقلب المعادلة الاولى ونضربها 2 ونضرب المعادلة الثانية 2



$$K_p = K_{p1} \times K_{p2}$$

$$K_p = 25 \times 10^{40} \times \frac{1}{8.41 \times 10^{20}} = 2.978 \times 10^{20}$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$\Delta n_g = 2 - 3 = -1$$

$$K_c = 2.97 \times 10^{20} (0.082 \times 1000)^{-(-1)} = 0.244 \times 10^{23}$$

$$K_c = 2.44 \times 10^{22}$$



## 2-9 حاصل التفاعل (Q)

يمكن لنا في أي لحظة من التفاعل معرفة اتجاه التفاعل أو حالة الاتزان أن أمكن لنا معرفة تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة في تلك اللحظة والتي من خلالها يمكن أن نجد قيمة تسمى بحاصل التفاعل يرمز له بالرمز (Q)

**حاصل التفاعل Q** وتعني حاصل القسمة وهي قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصول إلى حالة الاتزان يعبر عنها بنفس العلاقة المستعملة للتعبير عن الثوابت والفرق بينهما هو أن التراكيز المستخدمة في علاقة Q ليست بالضرورة تكون في حالة اتزان.

من العلاقة بين  $K_c$  و Q يمكن بواسطتها التنبؤ بحالة الاتزان أو اتجاه سير التفاعل.

1. إذا كانت  $K_c = Q$  فإن النظام سيكون في حالة اتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج تراكيز اتزان
2. عندما تكون Q أكبر من  $K_c$  ( $K_c < Q$ ) فإن التفاعل ليس في حالة اتزان ويتجه التفاعل من اليمين إلى اليسار أي باتجاه المتفاعلات
3. عندما تكون Q أصغر من  $K_c$  ( $K_c > Q$ ) فإن التفاعل ليس في حالة اتزان ويتجه التفاعل من اليسار (المتفاعلات) إلى اليمين (النواتج).

## ملاحظات في غاية الأهمية قبل الدخول إلى مسائل حاصل التفاعل.

نحن نعرف أن السؤال يخص موضوع (حاصل تفاعل) إذا أعطى مزيج لكافة المتفاعلات والنواتج بداية التفاعل

1. هناك عدة طرق لتحديد جهة التفاعل إمامي أو خلفي ومنها
  - أ. نوجد قيمة  $K_c$  و قيمة Q ونقارن بين النتيجتين فإذا كان قيمة Q أكبر من قيمة  $K_c$  فالتفاعل ينزاح نحو المتفاعلات.
  - ب. قيمة Q أصغر من قيمة  $K_c$  فالتفاعل ينزاح نحو النواتج.
- ثانياً: من خلال معرفة التركيز الابتدائي والنهائي لأحد النواتج أو المتفاعلات ونعمل مقارنة بين التركيزين فإذا كان
  - أ. التركيز الابتدائي أكبر أي التركيز النهائي قل فالتفاعل عكس اتجاه هذه المادة.
  - ب. التركيز الابتدائي أقل أي التركيز النهائي زاد فالتفاعل باتجاه هذه المادة.
- ثالثاً: من تعابير تذكر في السؤال مثلاً يذكر
  - أ. زاد تركيز المادة بمقدار أي التفاعل باتجاه تلك المادة
  - ب. قل تركيزها أي التفاعل بعكس اتجاه المادة.
- رابعاً: من خلال درجة الحرارة ركز جداً هنا
  - أ. إذا كان التفاعل باعثاً وذكر ارتفعت الحرارة أي التفاعل باتجاه النواتج وإذا ذكر انخفضت أي باتجاه المتفاعلات
  - ب. إذا كان التفاعل ماصاً وذكر ارتفعت الحرارة أي التفاعل باتجاه المتفاعلات وإذا ذكر انخفضت أي باتجاه النواتج

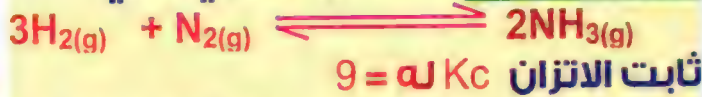
## س/ ماذا نعني أن التفاعل باتجاه تلك المادة

ج/ يعني أنه في الخطوة الثانية خطوة التغير في التركيز أنها هي من تأخذ الإشارة الموجبة والجهة الأخرى تأخذ الإشارة السالبة أي حتى لو كان في جهة المتفاعلات فلا تتفاجأ أن أخذت المتفاعلات الإشارة الموجبة والنواتج الإشارة السالبة.



## اسئلة الفصل الخاصة بموضوع حاصل التفاعل

تمرين (2-14) للتفاعل الغازي الاتي



(1) هل ان مزيج مكون من 2 مول من كل من الغازات  $N_2$   $H_2$   $NH_3$  في وعاء مغلق حجمه 1L يمثل حالة اتزان ولماذا؟

(2) لو كان المزيج غير متزن ما حجم الإناء لجعله متزنا

**الحل /** لمعرفة المزيج متزن او غير متزن نستخرج قيمة  $Q$  لان الحجم 1 لتر

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} = \frac{(2)^2}{(2)^3 (2)} = 0.25$$

$Q \neq K_c$  اذا المزيج غير متزن اذا كان الحجم 1L

2- نعتبر الحجم  $V$  ويجب ان نستخدم نفس قيمة ثابت الاتزان لجعله المزيج متزن

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^3 \times \frac{2}{V}} = 9$$

$$9 = \frac{1}{\left(\frac{2}{V}\right)^2} \Rightarrow 9 = \frac{1}{\frac{4}{V^2}} \Rightarrow 9 = \frac{V^2}{4}$$

$$9 = \frac{V^2}{4} \Rightarrow 3 = \frac{V}{2} \Rightarrow V = 6L$$

اذا يكون المزيج متزنا عندما يكون الحجم 6L

مثال (2-12) ثابت الاتزان للتفاعل



عند  $500^\circ C$  هو 0.06 قرر اتجاه سير التفاعل.

[H <sub>2</sub> ]	[N <sub>2</sub> ]	[NH <sub>3</sub> ]	
0.002	0.00001	0.001	1
0.345	0.000015	0.0002	2
0.01	5.00	0.0001	3

**الحل /** نجد قيمة  $Q$  لكل حالة ونقارنها مع قيمة  $K_c$  للتنبؤ باتجاه سير التفاعل

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} = \frac{(0.001)^2}{(0.002)^3 (0.00001)} = 1.25 \times 10^7$$

قيمة  $Q$  اكبر من قيمة  $K_c$  فان التفاعل يسير بالاتجاه الخلفي اي ينزاح النظام نحو اليسار حتى يصل الى حالة اتزان جديدة.

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} = \frac{(0.0002)^2}{(0.345)^3 (0.000015)} = 0.06$$

قيمة  $Q$  تساوي قيمة  $K_c$  فان التفاعل في حالة اتزان

$$Q = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]} = \frac{(0.0001)^2}{(0.01)^3 (5)} = 0.002$$

قيمة  $Q$  اصغر من  $K_c$  فان التفاعل ويسير بالاتجاه الأمامي (نحو اليمين) حتى يصل حالة اتزان جديدة.

سאלفة بينك وبين حاصل التفاعل كالآتي كانت

شوف يا  $Q$  اذا انت اصغر من الثابت فبعدله ما اخذتلك حقا فتروح للنواتج .  
اما لا طلعت اكبر من الثابت فانت مأخذ اكثر من حقا فرجعه للمتفاعلات  
يروح للنواتج يعني النواتج موجب والمتفاعلات سالب في الخطوة الثانية.  
يرجع للمتفاعلات هي موجب والنواتج تأخذ سالب في الخطوة الثانية



$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.0625 = \frac{(0.7-2X)^2}{(0.7+X)(0.7+X)}$$

$$0.25 = \frac{(0.7-2X)}{(0.7+X)}$$

$$0.7 - 2X = 0.175 + 0.25X$$

$$0.700 - 0.175 = 0.25X + 2.00X$$

$$0.525 = 2.25X$$

$$X = \frac{0.525}{2.25} = 0.233 \text{ M}$$

وعليه التراكيز النهائية كالآتي

$$[H_2] = [Br_2] = 0.7 + 0.233 = 0.933 \text{ M}$$

$$[HBr] = 0.7 - (2 \times 0.233)$$

$$[HBr] = 0.700 - (0.466) = 0.234 \text{ M}$$

وعليه عدد المولات المتبقية

$$nH_2 = nBr_2 = 2_L \times 0.933_{\text{mol/L}} = 1.866 \text{ mol}$$

$$nHBr = 2_L \times 0.234_{\text{mol/L}} = 0.468 \text{ mol}$$

### خطوات حل هذا السؤال

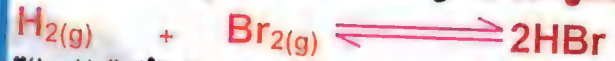
- 1- كتابة معادلة مول واحد لتكوين بروميد الهيدروجين.
- 2- تحويل  $K_p$  الى  $K_c$
- 3- ايجاد  $K_c$  المعادلة الاصلية بالاعتماد على  $K_c$  معادلة تكوين المول الواحد.
- 4- تحويل مولات النواتج الى تراكيز ومنها بد قيمة Q
- 5- نعمل مقارنة بين Q وثابت الاتزان ونحدد الاتجاه ونكمل باقي السؤال بالخطوات المعروفة.
- 6- بعد ايجاد التراكيز النهائية نحولها الى مولات حسب مطالب السؤال.



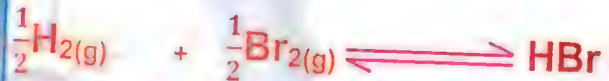
**تمرين (2-15)** في اناء حجمه 2L سخن 1.4mol من الغازات HBr و  $H_2$  و  $Br_2$  حتى وصل التفاعل حالة اتزان

$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$   
فاذا عملت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr بدلالة الضغوط الجزئية = 0.25 فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان.

**الحل** / نلاحظ ان معادلة التفاعل هي



حيث المتكون 2 مول من غاز HBr وقيمة الثابت المعطاة لمول واحد وبدلالة الضغوط لذا نكتب معادلة تكوين مول واحد ونحول قيمة  $K_p$  الى  $K_c$



حيث يمكن استخراج  $K_c$  لهذه المعادلة بهذا القانون

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta ng = 1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right) = 0$$

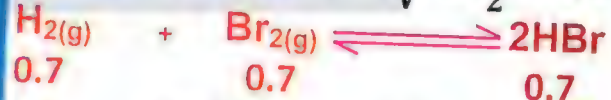
$$K_c = K_p = 0.25$$

وعليه نلاحظ ان معادلة التفاعل هي ضعف معادلة تكوين مول واحد من غاز HBr وعليه  $K_c$  لها سيكون

$$K_{c2} = (K_{c1})^2 = (0.25)^2 = 0.0625$$

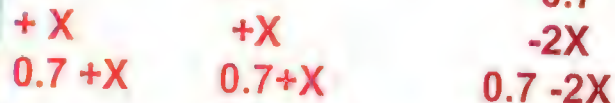
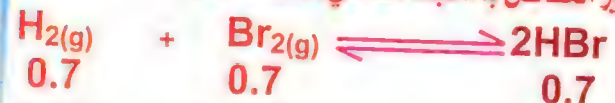
نجد الان حاصل التفاعل للمعادلة بعد ايجاد التراكيز الاولية

$$[H_2] = [Br_2] = [HBr] = \frac{M}{V} = \frac{1.4}{2} = 0.7 \text{ M}$$



$$Q = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} = \frac{(0.7)^2}{(0.7)(0.7)} = 1$$

نلاحظ ان حاصل التفاعل Q اكبر من ثابت الاتزان وعليه يكون سير التفاعل بالاتجاه الخلفي (المتفاعلات)





مسائل الفصل الخاصة بحاصل التفاعل

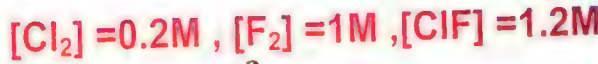
**سؤال (2-17)** ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي 19.9

بحرارة  $2500K^\circ$  للتفاعل المتزن



ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز

الخليط



$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl_2][F_2]}$$

$$Q = \frac{[1.2]^2}{[0.2][1]} = \frac{1.44}{0.2} = \frac{14.4}{2} = 7.2$$

$K_c$  أكبر من  $Q$  ينزاح التفاعل نحو الامام

**سؤال (2-30)** في وعاء مغلق حجمه لتر واحد

يتفاعل غاز  $CO$  مع بخار الماء ويتكون غازي

$H_2$  و  $CO_2$  بدرجة حرارة  $700K$  ما تراكيز خليط

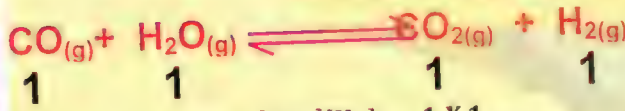
الغازات عند وصولها الى حالة اتزان اذا تم

وضع مول واحد من كل من المتفاعلات

والنواتج علما ان ثابت الاتزان  $K_c$  لهذا التفاعل

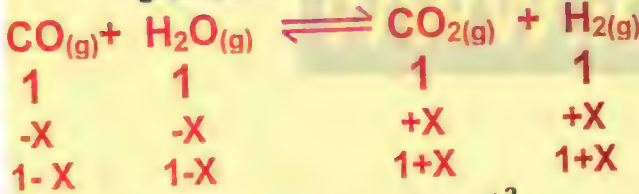
$5.29 =$

الحل / لان الحجم = 1 لتر  $M=n$



$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 1$$

نلاحظ ان  $Q$  اقل من  $K_c$  اي يتجه التفاعل نحو النواتج



$$K_c = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 5.29 = \frac{(1+X)^2}{(1-X)^2}$$

$$2.3 = \frac{1+X}{1-X} \Rightarrow 1+X = 2.3 - 2.3X$$

$$3.3X = 1.3 \Rightarrow X = \frac{1.3}{3.3} = 0.4M$$

وعليه التراكيز النهائية ستكون كالآتي

$$[CO] = [H_2O] = 1 - 0.4 = 0.6 M$$

$$[CO_2] = [H_2] = 1 + 0.4 = 1.4 M$$

**سؤال (2-16)** في التفاعل الافتراضي الغازي



واحد وضع  $3mole$  من  $B$  مع مولات

مختلفة من  $A$  و  $C$  وعند الوصول الى حالة

الاتزان وجد ان اناء التفاعل يحتوي على

$6mole$  من  $C$  و  $6mole$  من  $A$  ما عدد مولات

$A$  و  $C$  قبل بدء التفاعل علما ان  $K_c = 1.5$ .

الحل / لان الحجم = 1L  $M=n$

بما انه وضع مولات متفاعلات ونواتج يجب معرفة اتجاه

التفاعل حيث انه من معلومات السؤال يمكن ايجاد تركيز

النهائي  $B$

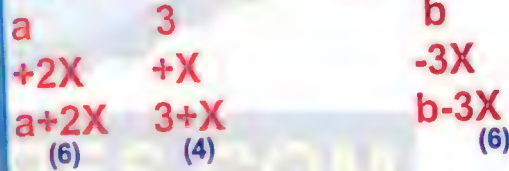
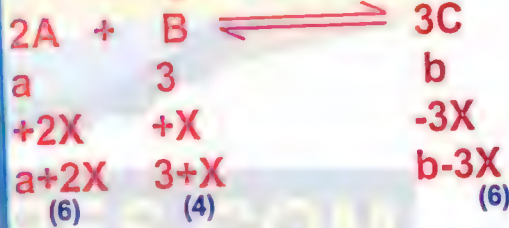
$$K_c = \frac{[C]^3}{[A]^2[B]}$$

$$B = \frac{[C]^3}{[A]^2 K_c}$$

$$B = \frac{(6)^3}{(6)^2 \times 1.5} = 4 mol$$

نلاحظ ان عدد مولات  $B$  قد زاد وهذا يعني ان التفاعل يسير

باتجاه المتفاعلات لذا تكون الفرضية كالآتي



بما ان تركيز  $B$  النهائي = 4 وعليه

$$3 + X = 4 \Rightarrow X = 1$$

$$a + 2X = 6$$

$$a + (2 \times 1) = 6$$

$$a = 6 - 2 = 4mol$$

$$b - 3X = 6$$

$$b - (3 \times 1) = 6$$

$$b = 6 + 3 = 9mol$$





## سؤال (22-2) للتفاعل الغازي الباعث للحرارة

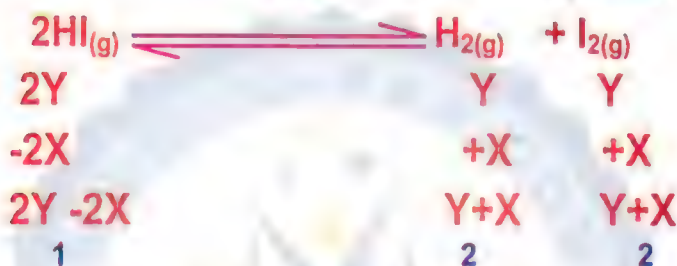


وفي اناء تفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من  $\text{H}_2$  و  $\text{I}_2$  وضعفها من HI فوجد أن حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان وجد ان الاناء يحتوي 1mole من HI و 2mol من  $\text{I}_2$  و  $\text{H}_2$  أحسب.

1) تراكيز مكونات التفاعل قبل بدء التفاعل 2)  $K_c$  ؟

الحل / لان الحجم 1 لتر  $M=n$

بما ان التفاعل باعث والحرارة ارتفعت اي التفاعل اتجه نحو النواتج .



من معطيات السؤال نحصل على المعادلتين ادناه

$$2Y - 2X = 1$$

$$Y + X = 2$$

نحل انيا نضرب معادلة 2 × 2

$$2Y - 2X = 1$$

$$2Y + 2X = 4$$

$$4Y = 5$$

$$Y = \frac{5}{4} = 1.25 \text{ M}$$

وعليه التراكيز بداية التفاعل

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = Y = 1.25 \text{ M}$$

$$[\text{HI}] = 2Y = 2 \times 1.25 = 2.5 \text{ M}$$

2) ايجاد ثابت الاتزان

$$K_c = \frac{[\text{H}_2][\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

$$K_c = \frac{2 \times 2}{1} = 4$$



الاثرائيات الخاصة بحاصل التفاعل

مثال اضافي 25 في التفاعل الغازي الباعث



في اناء حجمه لتر واحد وضع مولات من  $O_2$  وضعفها من  $C$  و 3 امثالها من  $CO_2$  وبوضع المواد انخفضت درجة الحرارة وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات  $C = 12$  مول وعدد مولات  $CO_2 = 8$  مول احسب (1) التراكيز الابتدائية لكل مادة في الخليط

(2) ثابت الاتزان  $K_c$

الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل

التراكيز النهائية ستكون كالآتي  $C = 8$   $O_2 = 4$

$CO_2 = 12$  اما قيمة الثابت  $= 0.074$  او  $\frac{2}{27}$

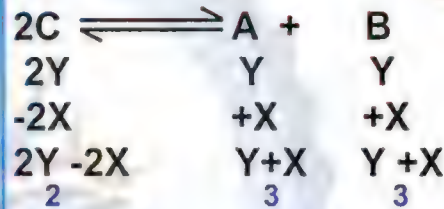
مثال اضافي 24 في التفاعل الافتراضي



الغازي الماص في اناء حجمه لتر واحد وضع مولات من  $A$  و  $B$  وضعفها من  $C$  وبوضع المواد انخفضت درجة الحرارة وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات  $A$  و  $B = 3$  مول وعدد مولات  $C = 2$  مول احسب عدد مولات خليط الاتزان الابتدائية

الحل / لان الحجم  $1L = n$

بما ان التفاعل ماص وبوضع المواد انخفضت الحرارة اي انها التفاعل اتجه نحو النواتج



من معطيات السؤال نحصل على المعادلتين ادناه

$$2Y - 2X = 2$$

$$Y + X = 3$$

نحل انيا نضرب معادلة  $2 \times 2$

$$2Y - 2X = 2$$

$$2Y + 2X = 6$$

$$4Y = 8$$

$$Y = \frac{8}{4} = 2 \quad M = 2 \text{ mol}$$

لأن الحجم لتر واحد وعليه المولات الابتدائية

$$n A = n B = Y = 2 \text{ mol}$$

$$n C = 2Y = 2 \times 2 \text{ mol} = 4 \text{ mol}$$

خلي نحسم الجدول بموضوع التفاعل الباعث والماص واتجاه التفاعل شوف يا عيني التفاعل ماص يعني الحرارة بجهة المتفاعلات زين من فجأة انخفضت وين راحت اكيد نحو النواتج زين اذا بالعكس الحرارة ارتفعت يعني التفاعل راح الها يعني راح للمتفاعلات خلي نعيد الحجي بس على الباعث التفاعل الباعث الحرارة بالنواتج زين اذا انخفضت فجأة وين راحت للمتفاعلات اما اذا زادت يعني التفاعل راح ركض الها يعني راح للنواتج

ها وترا هذه الموضوع يختلف عن الحرارة بقاعدة لوشاتليه عكسه تماما لان ذاك احنا نتحكم بالحرارة هذه التفاعل يتحكم بالحرارة





**مثال اضافي 27** التفاعل الافتراضي الغازي  
 $2A + B \rightleftharpoons 3C$  وفي اناء حجمه 1L وضع  
 4mole من A و 8mole من C مع كمية B وعند  
 وصول التفاعل الاتزان ، وجد أن الاناء يحتوي  
 على 4 mole من B ، احسب Kc اذا علمت  
 أن حاصل التفاعل يساوي 16

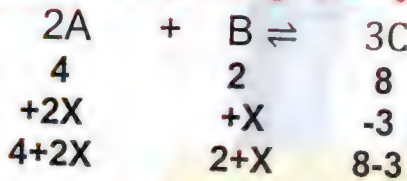
الحل / لان الحجم = 1L M=n  
 من حاصل التفاعل نستخرج تركيز B الابتدائي  
 ونقارنه مع تركيزه النهائي

$$Q = \frac{[C]^3}{[A]^2 \times [B]}$$

$$[B] = \frac{[C]^3}{[A]^2 \times Q}$$

$$[B] = \frac{8 \times 8 \times 8}{4 \times 4 \times 16} = 2$$

نلاحظ ان تركيز B قد زاد اي التفاعل باتجاه المتفاعلات



بما ان تركيز B النهائي = 4 فعليه

$$2 + X = 4 \Rightarrow X = 4 - 2 = 2$$

وعليه التراكيز النهائية كالآتي

$$[A] = 4 + 2X = 4 + 2(2) = 4 + 4 = 8M$$

$$[B] = 4M \text{ معطى}$$

$$[C] = 8 - 3X = 8 - 3(2) = 8 - 6 = 2M$$

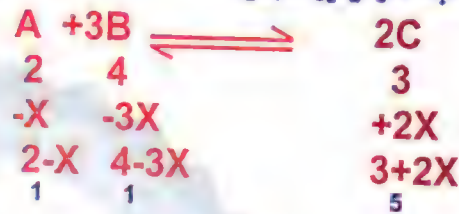
$$Kc = \frac{[C]^3}{[A]^2 \times [B]}$$

$$Kc = \frac{2 \times 2 \times 2}{8 \times 8 \times 4}$$

$$Kc = \frac{8}{8 \times 32} = \frac{1}{32}$$

**مثال اضافي 25** في التفاعل الافتراضي  
 الغازي  $A + 3B \rightleftharpoons 2C$  في اناء  
 حجمه لتر واحد وضع 2مول من A و 4مول من B  
 و 3 مول من C وعند الوصول الى حالة الاتزان  
 وجد ان تراكيز C قد زادت بمقدار 2M احسب  
 ثابت الاتزان Kc

الحل / لان الحجم = 1L M=n  
 بما ان تراكيز C قد زادت هذا يعني ان التفاعل باتجاه C التي هي في  
 جهة النواتج فالتفاعل اتجه نحو اليمين النواتج.



من معطيات السؤال تراكيز C قد زاد بمقدار 2 وهذا يعني

$$2X = 2 \Rightarrow X = 1$$

اذا التراكيز النهائية كالآتي

$$[A] = 2 - X = 2 - 1 = 1M$$

$$[B] = 4 - 3X = 4 - (3 \times 1) = 4 - 3 = 1M$$

$$[C] = 3 + 2X = 3 + (2 \times 1) = 3 + 2 = 5M$$

$$Kc = \frac{[C]^2}{[A][B]^3}$$

$$Kc = \frac{[5]^2}{[1][1]^3} = 25$$

**مثال اضافي 26** في التفاعل الافتراضي  
 الغازي  $A + 2B \rightleftharpoons 2C$  في اناء  
 حجمه لتر واحد وضع 3مول من A و 2مول من B  
 و 3 مول من C وعند الوصول الى حالة الاتزان  
 وجد ان تراكيز C قد قلت بمقدار 2M احسب  
 ثابت الاتزان Kc

الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل  $Kc = \frac{1}{64}$







**مثال اضافي 28** للتفاعل الغازي الاتي  $A + B \rightleftharpoons 2C$  وفي اناء حجمه 1 لتر وضع 2 مول من A ومثلها من B ومولات معنية من C وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تركيز C النهائي = 2 وان حاصل التفاعل = 4 جد  $K_c$  للتفاعل .  
الحل / واجب وللتأكد من صحة حلك سيكون الناتج  $K_c = \frac{4}{9}$

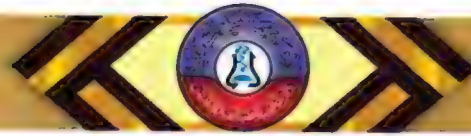
موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM



موقع طلاب العراق





## 10-2 العلاقة بين الطاق الحرة $\Delta G$ حاصل التفاعل (Q).



ترتبط الطاقة الحرة غير القياسية  $\Delta G$  مع الطاقة الحرة القياسية  $\Delta G^\circ$  لهذا التفاعل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[G]^g [H]^h}{[A]^a [B]^b} \quad (1)$$

حيث  $R$  ثابت الغازات ويساوي بوحدة الطاقة ( $R = 8.314 \text{ J/K.mol}$ ) و  $T$  درجة الحرارة بوحدة الكلفن. ومن تعريف حاصل القسمة يمكن كتابة المعادلة بالصورة التالية

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q \quad (2)$$

وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تكون الطاقة الحرة مساوية صفر وحاصل القسمة = ثابت الاتزان وعليه تصبح

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq} \quad (3)$$

حيث يستخدم  $K_p$  لتفاعلات الغازات بدلالة الضغوط الجزئية و  $K_c$  بدلالة التراكيز المولارية.

تعد هذه المعادلة من أهم المعادلات في علم الترموداينمك لأنها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة الحرة  $\Delta G^\circ$  بالاعتماد على قيمة ثابت الاتزان

ملاحظة: هنا تختلف عن قيمة  $R$  للغازات تذكر هذا جيدا  
في المحاضرة 10 في الموضوع هذه تستخدم مع الطاقات  
الحرية وحدة الجول

تمرين (2 - 16) احسب ثابت الاتزان  $K_p$  للتفاعل

التالي عند حرارة  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1 \text{ atm}$



$$\Delta G_f^\circ (\text{H}_2\text{O}) = -237 \text{ kJ/mol}$$

$$\ln 1.2 \times 10^{-83} = -191.3 \quad \text{علما ان}$$

الجول /

$$\Delta G_r^\circ = \sum n \Delta G_f^\circ (P) - \sum n \Delta G_f^\circ (R)$$

$$\Delta G_r^\circ = [2\Delta G_f^\circ (\text{H}_2) + \Delta G_f^\circ (\text{O}_2)] - [2\Delta G_f^\circ (\text{H}_2\text{O})]$$

$$\Delta G_r^\circ [2 \times 0 + 0] - [2 \times (-237)] = 474 \text{ kJ/mol}$$

$$T(K) = 25 + 273 = 298\text{K}$$

$$\Delta G^\circ_{(J/mol)} = 474 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}$$

$$= 474000 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

$$474000 \text{ J/mol} = -8.314 \text{ J/K.mol} \times 298\text{K} \ln K_{eq}$$

$$\ln K_p = \frac{474000}{-8.314 \times 298}$$

$$\ln K_p = -191.3$$

$$\ln K_p = \ln 1.2 \times 10^{-83}$$

$$K_p = 1.2 \times 10^{-83}$$

ان هذه القيمة صغيرة جدا يعني ان التفاعل لا يحدث تلقائيا

مثال (2-13) اذا علمت ان  $\Delta G^\circ$  للتفاعل التالي =

$-104 \text{ kJ/mol}$  عند الظروف القياسية



$$\ln 1.7 \times 10^{18} = 42 \quad \text{علما ان}$$

$$T(K) = 25 + 273 = 298\text{K}$$

$$R = 8.314 \text{ J/K.mol}$$

$$\Delta G_{(J/mol)} = -104 \text{ kJ/mol} \times 1000 \text{ J/kJ}$$

$$= -104000 \text{ J/mol}$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_{eq}$$

$$-104000 \text{ J/mol} = -8.314 \text{ J/K.mol} \times 298\text{K} \ln K_{eq}$$

$$\ln K_{eq} = \frac{-104000}{-8.314 \times 298}$$

$$\ln K_{eq} = 42$$

$$\ln K_{eq} = \ln 1.7 \times 10^{18}$$

$$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$$

ان هذه القيمة كبيرة جدا مما يعني ان قيمة تراكيز المتفاعلات قليلة جدا والتفاعل شبه تام.

ملاحظة / اننا نقوم بتحويل وحدة الطاقة الحرة الى وحدة الجول

لان ثابت ال  $R$  يحتوي وحدة جول





## مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين الطاقة الحرة وحاصل التفاعل

**سؤال 2-33** وضح الفرق بين  $\Delta G$  و  $\Delta G^\circ$  واكتب العلاقة بينهما ومتى تكون قيمة  $\Delta G^\circ = \Delta G$  اثبت ذلك حسابياً؟

**الحل/**

$\Delta G$  هي مقدار التغير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف غير قياسية.

$\Delta G^\circ$  هي مقدار التغير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف قياسية.

العلاقة بينهما

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

تكون قيمتهما متساوية عندما تكون قيمة حاصل التفاعل = 1

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln Q$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln 1$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \times 0$$

$$\Delta G = \Delta G^\circ$$

**2 - 33** اذا علمت ان ثابت التأيّن الذاتي للماء عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  وضغط  $1\text{ atm}$  تساوي  $1 \times 10^{-14}$  احسب قيمة  $\Delta G^\circ$  للتأيّن



$$\text{Ln } 10^{-14} = -32.24$$

**الحل/**

$$\text{TK} = t(^{\circ}\text{C}) + 273 = 25 + 273 = 298$$

$$\Delta G^\circ = - RT \ln K_{eq}$$

$$\Delta G^\circ = - (8.314 \text{ J / K} \cdot \text{mol} \times 298 \text{ K}) \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G^\circ = (- 2477.6 \text{ J / mol}) \times \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G^\circ = (- 2477.6 \text{ J / mol}) \times - 32.24$$

$$\Delta G^\circ = 79881 \text{ J / mol}$$

علمتني اشعة جاما ان البعض لا يتأثر ولا يؤثر فهو يسير في خط واحد دون ان يستوعب التطور الذي يتسابق له الآخرون



## 2 - 11 قاعدة لو شاتليه

إذا أثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز أو الحجم أو الضغط أو درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فإن هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعل إلى حالة الاتزان الجديدة

• **يشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الأنظمة الميكانيكية.**

(لكل فعل رد فعل مساو له بالقيمة ومعاكس بالاتجاه)

**موضع الاتزان :-** مدى انحراف أو انزياح الاتزان الكيميائي ناحية تكوين المواد الناتجة أو المتفاعلة لتفاعل كيميائي متزن.

**المؤثرات الخارجية التي تؤدي إلى الإخلال بحالة الاتزان هي**

**أولاً :- تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة أو الناتجة على موضع الاتزان.**  
في تفاعل هابر لإنتاج الأمونيا



لاحظ ماذا سيحدث

• عند إضافة مزيد من الهيدروجين أو النيتروجين (أي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو تكوين الأمونيا أي نحو اليمين (للتقليل من الكمية الزائدة من المواد المتفاعلة) أي أن سرعة التفاعل الأمامي ستزداد ويستمر ذلك حتى الوصول إلى حالة اتزان جديدة.

• عند إضافة مزيد من الأمونيا (أي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات أي نحو اليسار (للتقليل من الكمية الزائدة من الأمونيا) ويستمر ذلك حتى الوصول إلى حالة اتزان جديدة.

• عند سحب  $\text{H}_2$  أو  $\text{N}_2$  التفاعل ينزاح نحوهما أي من اليمين إلى اليسار.

• عند سحب كمية من الأمونيا ينزاح التفاعل من اليسار إلى اليمين.

**الخلاصة:**

- 1- عند الإضافة إلى النواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات أي نحو اليسار.
- 2- عند الإضافة إلى المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج أي نحو اليمين.
- 3- عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج أي نحو اليمين.
- 4- عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات أي نحو اليسار.

من الأخير

: عند السحب نفس الاتجاه

عند الإضافة عكس الاتجاه





**ثانياً :- تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان.**  
ان التغير بالضغط المسلط على التفاعل او التغير بحجمه يكون بالصورة الاتية

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

**ملاحظات:**

- $\Delta n_g$  قيمة سالبة يعني عدد مولات المتفاعلات أكثر من عدد مولات النواتج.
- $\Delta n_g$  قيمة موجبة يعني عدد مولات النواتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات.
- $\Delta n_g = 0$  يعني عدد مولات النواتج = عدد مولات المتفاعلات (هنا ليس هناك اي تأثير لزيادة او نقصان الضغط).
- زيادة الضغط يعني نقصان الحجم والعكس بالعكس (علاقة عكسية قانون بويل).
- مثال عام عن تأثير الضغط والحجم.



نلاحظ ان قيمة  $\Delta n_g = -1$  اي ان عدد المولات قل وبالتالي الحجم الكلي للتفاعل قل  
لذا فان زيادة الضغط يقل الحجم على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه النواتج لانها تمتلك عدد مولات اقل  
اما عند خفض الضغط يزداد الحجم على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه المتفاعلات لانها تمتلك عدد مولات اكبر

**ثالثاً :- تأثير درجة الحرارة**

**اولاً : في حالة التحكم بالحرارة من قبلنا**

التغيير	التفاعلات الباعثة للحرارة	التفاعلات الماصة للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة $K_{eq}$	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة $K_{eq}$
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة $K_{eq}$	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة $K_{eq}$

**ثانياً- في حالة ان الحرارة انخفضت او ارتفعت من تلقاء نفسه نتبع ما يلي**

- في حالة الارتفاع بالحرارة ابحث عن الباعث او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الباعث يعني الحرارة ارتفعت.
- في حالة الانخفاض بالحرارة ابحث عن الماص او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الماص الحرارة انخفضت.

**مهم جداً : اذا كان التفاعل الامامي باعث فالتفاعل الخلفي ماص.**





أمثلة عن تأثير درجة الحرارة.



ماذا يحدث عن

أ- زيادة درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليمين اي باتجاه النواتج)

ب- خفض درجة الحرارة. ( ينزاح التفاعل نحو اليسار باتجاه المتفاعلات)



ماذا يحدث عن

أ- زيادة درجة الحرارة. ( ينزاح التفاعل نحو اليسار اي نحو المتفاعلات)

ب- خفض درجة الحرارة. ( ينزاح التفاعل نحو اليمين اي نحو النواتج )

### رابعاً :- العامل المساعد

العامل المساعد يؤدي فقط الى خفض طاقة التنشيط ولا يؤثر في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة وبالتالي لا تؤثر على

موضع الاتزان او قيمة ثابت الاتزان

علل / إضافة العامل المساعد لا تؤثر موضع الاتزان؟ (مهم)

الجواب / لان العامل المساعد يزيد معدل سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي بالدرجة نفسها فيتم الوصول

الى حالة الاتزان بسرعة عالية دون حدوث في تغيرات المواد الداخلة في التفاعل.

## 2 - 11 العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان

تذكر فقط الحرارة تؤثر  
على قيمة ثابت الاتزان

1- التغير في الضغط والحجم وإضافة العامل المساعد لا تؤثر على قيمة ثابت الاتزان.

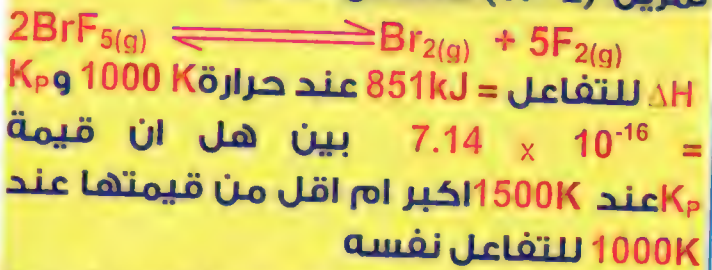
2- التغير في درجة الحرارة هو **وحيد** من يؤثر في قيمة ثابت الاتزان الكيميائي.

**مهم جداً / اذا اتجه التفاعل نحو النواتج قيمة ثابت الاتزان تزداد قيمة  $K_{eq}$**

اما اذا اتجه التفاعل نحو المتفاعلات قيمة ثابت الاتزان  $K_{eq}$  تقل

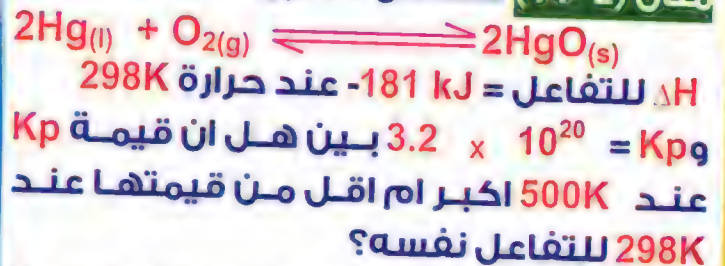
## الأمثلة والتمارين الخاصة بقاعدة لو شاتليه

تمرين (2- 17) للتفاعل المتزن



**الحل /** بما ان التفاعل ماص ودرجة الحرارة قد زادت  
 هذا يعني ان التفاعل اتجه نحو النواتج للتخلص من الفائض  
 الحراري وبالتالي قيمة الثابت ستزداد اي قيمة  $K_p$  اكبر  
 عند 1500K

مثال (2- 14) للتفاعل المتزن



**الحل /** بما ان التفاعل باعث ودرجة الحرارة قد زادت هذا  
 يعني ان التفاعل اتجه نحو المتفاعلات للتخلص من الفائض  
 الحراري وبالتالي قيمة الثابت ستقل اي قيمة  $K_p$  اصغر  
 عند 500K





**مثال (2-15)** ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل الممتز الاتي.



- 1- تسخين خليط الاتزان في اناء مغلق.
  - 2- سحب  $\text{N}_2\text{F}_4$  من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم.
  - 3- خفض الضغط على خليط ممتز بدرجة حرارة ثابتة.
  - 4- إضافة العامل المساعد الى خليط الاتزان.
- الأجوبة:**
- 1- بما ان التفاعل ماص بتسخين الخليط سيتجه نحو النواتج للتخلص من الفائض الحراري وقيمة ثابت الاتزان تزداد
  - 2- عند سحب كمية من  $\text{N}_2\text{F}_4$  سينزاح التفاعل نحو اجهة المتفاعلات لتعويض النقص الحاصل في  $\text{N}_2\text{F}_4$  ثابت الاتزان لا يتأثر.
  - 3- عند خفض الضغط يزداد الحجم سيتجه نحو جهة النواتج كونها اكبر عدد مولات غازية و ثابت الاتزان لا يتأثر
  - 4- العامل المساعد يخفض طاقة التنشيط اي يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان (هذه العبارة ثابتة دائما للعامل المساعد).

**تمرين (2-18)** ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل الممتز الاتي.



- (1) زيادة الضغط على التفاعل
  - (2) إضافة مزيد من  $\text{O}_2$  الى النظام.
  - (3) خفض درجة الحرارة.
  - (4) إضافة العامل المساعد
- الأجوبة:**
- (1) بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية وثابت الاتزان لا يتأثر
  - (2) عند إضافة مزيد من  $\text{O}_2$  سوف يزداد تركيزه وبالتالي يتجه التفاعل نحو اليمين وثابت الاتزان لا يتأثر
  - (3) التفاعل ماص للحرارة لذا عند خفض درجة الحرارة سوف يتجه نحو اليسار تقل قيمة ثابت الاتزان.
  - (4) العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

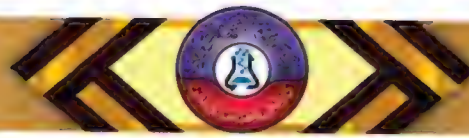
**تمرين (2-19)** يصل مزيج الغازات الموضوعة في وعاء مغلق عند  $25^\circ\text{C}$  الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي:-



صف عدد من الإجراءات التي تؤدي لرفع كمية غاز  $\text{C}_2\text{H}_6$  الناتجة من هذا التفاعل.

- 1- زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم.
- 2- سحب غاز  $\text{C}_2\text{H}_6$  باستمرار.
- 3- كون التفاعل باعش يجب خفض (تبريد) درجة الحرارة باستمرار.
- 4- زيادة الضغط لتقليل الحجم وبالتالي سيتجه التفاعل نحو النواتج لانها اقل عدد مولات





## حل الاسئلة الخاصة بقاعدة لي شاتليه

**سؤال (2-5) للتفاعل المتزن الغازي الباعث للحرارة**



كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

(1) عند زيادة الضغط (2) رفع درجة الحرارة (3) سحب غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$   
الاجوبة :-

(1) عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو النواتج : لانه بزيادة الضغط يقل الحجم وبالتالي يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية .

(2) رفع درجة الحرارة :- يتجه التفاعل نحو المتفاعلات :- لان التفاعل باعثة وفي التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات للتخلص من الفائض الحراري.

(3) سحب غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$  : يتجه التفاعل من المتفاعلات نحو النواتج لتعويض النقص الحاصل في عملية سحب غاز  $\text{N}_2\text{O}_4$

**سؤال (2-6) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن**



(1) خفض درجة الحرارة.

(2) إضافة زيادة من  $\text{Cl}_2$  الى خليط الاتزان.

(3) سحب  $\text{PCl}_3$  من خليط الاتزان.

(4) زيادة الضغط على خليط الاتزان

(5) إضافة العامل المساعد.

الاجوبة/

(1) التفاعل ماص للحرارة سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) وتقل قيمة ثابت الاتزان.

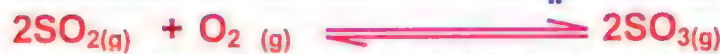
(2) سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان.

(3) سيتجه نحو اليمين (النواتج) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان.

(4) سيتجه نحو المولات الاقل اي نحو اليسار (المتفاعلات) ولا تتأثر قيمة ثابت الاتزان

يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

**سؤال (2-7) التفاعل المتزن الاتي**



انثالبي التفاعل =  $-198.2$  ماذا يحدث للتراكيز  $\text{SO}_2$  و  $\text{O}_2$  و  $\text{SO}_3$  عند الاتزان بعد

1- زيادة درجة الحرارة التفاعل. 2- خفض الضغط المسلط على التفاعل.

3- زيادة تركيز  $\text{SO}_2$  في خليط الاتزان 4- إضافة عامل مساعد.

العامل	$[\text{SO}_3]$	$[\text{O}_2]$	$[\text{SO}_2]$
زيادة درجة الحرارة	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
خفض الضغط المسلط	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
زيادة تركيز $\text{SO}_2$	يزداد تركيزه	يقل تركيزه	يقل تركيزه بعد الزيادة
إضافة عامل مساعد	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر



**سؤال (2-8)** هل يؤدي دائما رفع درجة الحرارة في اي تفاعل في حالة اتزان الى زيادة في تركيز النواتج اذا كانت إجابتك بالنفي فما هي التفاعلات التي تؤدي أو لا تؤدي الى زيادة نواتج. **الجواب /** كلا ليس كل التفاعلات تؤدي الى زيادة التراكيز النواتج فقط التفاعلات **الماصة** تزداد تراكيز النواتج بزيادة درجة الحرارة حيث يتجه التفاعل نحو النواتج للتخلص من الفائض الحراري. لكن التفاعلات **الباعثة** للحرارة تقوم النواتج باستخدام الحرارة الزائدة لزيادة تركيز المتفاعلات.

**سؤال (2-9)** للتفاعل المتزن الباعث للحرارة



وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

(1) خفض الضغط المسلط (2) تبريد اناء التفاعل.

**الاجوبة :-**

- (1) **عند خفض الضغط :-** بخفض الضغط يزداد الحجم وبالتالي يتجه التفاعل نحو المتفاعلات **ولا يتأثر ثابت الاتزان.**  
(2) **تبريد اناء التفاعل :-** بما ان التفاعل باعث يتجه التفاعل نحو النواتج **وتزداد قيمة ثابت الاتزان.**

**سؤال (2-10)** التفاعل الاتي ماص للحرارة يجري في اناء مغلق.



ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي

- 1 - تقليل حجم الاناء؟ **الجواب /** ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات ( خلفي).  
2 - إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان؟ **الجواب /** لا يؤثر. لانه مادة صلبة.  
3 - سحب مزيد من CaCO3 لخليط الاتزان؟ **الجواب /** لا يؤثر. لانه مادة صلبة.  
4 - إضافة مزيد من CO2 لخليط الاتزان؟ **الجواب /** ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات ( خلفي).  
5 - زيادة درجة الحرارة؟ **الجواب /** ينزاح التفاعل نحو النواتج ( امامي).

**سؤال (2-23)** صف اربع اجراءات تؤدي لرفع المنتج للتفاعل الغازي المتزن الباعث



للهارة.

**الجواب**

- 1- سحب غاز الامونيا باستمرار. **(لانه عند السحب من النواتج سيتجه التفاعل نحوه للتعويض النقص الحاصل)**  
2- زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم **(للتخلص من فائض المتفاعلات يتجه نحو النواتج)**  
3- خفض درجة الحرارة. **(لان التفاعل باعث بخفض الحرارة يتجه نحو النواتج)**  
4- زيادة الضغط **(بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية)**





سؤال (13-2) للتفاعل المتزن

من خلال الجدول التالي أحسب  $K_p$  و  $K_c$  للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص او باعث

رقم التفاعل	A(mol/L)	B(mol/L)	درجة الحرارة / °C
1	0.0125	0.843	200
2	0.171	0.764	300
3	0.250	0.724	400

الحل / التفاعل الاول

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]}$$

$$K_c = \frac{(0.834)^2}{(0.0125)} = 56.85$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$T = t_{(c^\circ)} = 200 + 273 = 473 \text{ K}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n_g}$$

$$K_p = 56.85 (0.082 \times 473)^1 = 2205$$

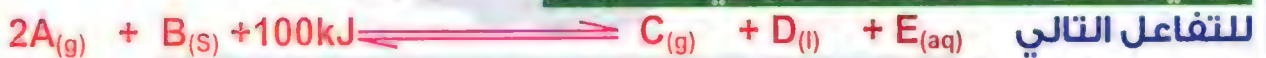
التفاعل الثاني بنفس الخطوات ستكون النتائج كالآتي  $K_c = 3.41$   $K_p = 160.3$

التفاعل الثالث بنفس الخطوات ستكون النتائج كالآتي  $K_c = 2.09$   $K_p = 115.7$

ولمعرفة التفاعل ماص او باعث ج / نلاحظ انه كلما ارتفعت درجة الحرارة قيم ثابت الاتزان تقل اي ان التفاعل يتجه نحو المتفاعلات وبالتالي يعتبر التفاعل باعث لانه في التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل يسارا للتخلص من لفائض الحراري.

واجب

انثائي يشمل على كل مواضيع لي شاتليه-



ماذا يحدث لحالة الاتزان وثابت الاتزان في الحالات التالية.

- 1- سحب تراكيز من A ج /
- 2- اضافة تراكيز الى B ج /
- 3- سحب تراكيز من C ج /
- 4- سحب تراكيز من D ج /
- 5- اضافة تراكيز الى E ج /
- 6- زيادة الضغط. ج /
- 7- زيادة الحجم. ج /
- 8- تسخين اناء التفاعل ج /
- 9- خفض درجة الحرارة ج /
- 10- اضافة عامل مساعد ج /

تابعونا على التليكرام

@iQRES





سؤال (2-31) للتفاعل التالي



عند درجة حرارة 298K ولكنه يساوي عند درجة حرارة 35°C  $= 1.5 \times 10^{-2}$  هل تفكك غاز رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص؟  
الحل / نحول وحدات حرارة التفاعل الثاني الى وحدات الكلفن  
 $T(K) = 35 + 273 = 308 K$

الحرارة	الثابت	التفاعل
298K	$6 \times 10^{-3}$	الاول
308K	$1.5 \times 10^{-2}$	الثاني

وعليه نلاحظ انه عند ارتفاع درجة الحرارة ازدادت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو النواتج اي التفاعل ماص

سؤال (2-32) للتفاعل التالي



وجد ان خليط الاتزان بحرارة 25C يحتوي على  $[\text{SO}_2] = 0.08M$  و  $[\text{SO}_3] = 0.002M$  و  $[\text{O}_2] = 0.01M$  وعند تبريد التفاعل الى 10°C وجد  $K_c = 4$  هل التفاعل باعث ام ماص.  
الحل / نجد  $K_c$  عند حرارة 25°C

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \times [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.08)^2 \times [0.01]}{(0.002)^2} = 16$$

الحرارة	الثابت	التفاعل
25 C°	16	الاول
10K	4	الثاني

وعليه نلاحظ انه عند خفض درجة الحرارة قلت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو المتفاعلات اي التفاعل ماص.

لنلاحظ حقيقة والموضح اكثر معرفة التفاعل باعث او ماص

نعمل مقارنة بين الثابت والحرارة

اذا شغلنا الثابتين زادت او قلت التفاعل ماص

واذا وحدة قلت ووحدة زادت التفاعل باعث

سؤال (2-28) في اناء مغلق حجمه لتر

واحد اجري التفاعل الاتي



عند 490°C كان ثابت سرعة التفاعل الامامي  $K_f = 0.6256$  وثابت سرعة التفاعل الخلفي  $K_b = 0.0136$   
وان ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K = 59  
بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بهذه الاجراءات

(أ) اضافة مزيد من  $\text{H}_2$ .

(ب) انخفاض درجة الحرارة.

(ج) ازالة بعض من  $\text{I}_2$ . (ازاحه يعني سحب)

الحل /

يجب معرفة نوع التفاعل ماص او باعث

نستخرج اولاً ثابت الاتزان عند حرارة 490 C° حيث

$$T(K) = 490 + 273 = 763 K$$

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

الحرارة	الثابت	التفاعل
763K	46	الاول
872K	59	الثاني

نلاحظ انه بزيادة درجة الحرارة قيمة الثابت تزداد وبالتالي هذا يعني ان التفاعل ماص

(1) اضافة مزيد  $\text{H}_2$

عند اضافة مزيد من  $\text{H}_2$  سوف ينزاح التفاعل نحو اليمين للتخلص من الفائض وبذلك تزداد مولات HI.

انخفاض درجة الحرارة

بما ان التفاعل ماص عليه عند انخفاض درجة الحرارة في التفاعلات الماصة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات وبذلك تقل مولات HI

(ج) ازالة بعض من  $\text{I}_2$  :

سيتجه التفاعل من اليمين نحو اليسار لتعويض النقص

الحاصل في اليود وبذلك تنقص عدد مولات HI



## حل المتبقي من اسئلة الفصل الثاني

س1 / املأ الفراغات التالية.

1- في التفاعل الاتي  $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$  فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تركيز المواد الناتجة

2. اذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc لنظام متزن عند  $500C^{\circ}$  تساوي  $2 \times 10^{-15}$  وقيمته عند  $200C^{\circ}$  يساوي  $2 \times 10^{-12}$  ذلك يدل على ان التفاعل يبعث للحرارة  
فكرة عن نقطة 2 الحرارة قلت الحرارة قيمة الثابت زادت التفاعل باعث

3- في التفاعل الاتي  $CO_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH + 127KJ$  عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام فان حرارة التفاعل ترتفع.  
فكرة عن نقطة 3 التفاعل باعث اضافة  $H_2$  ينتج التفاعل نحو الامامي الذي هو باعث واذا التفاعل اتجه نحو الباعث ترتفع الحرارة

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند زيادة درجة الحرارة

5- في التفاعل المتزن  $CO_{2(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$  فان خفض الضغط يزيد من استهلاك  $CO_2$   
فكرة عن نقطة 5 عبارة يزيد من استهلاك  $CO_2$  يعني اتجاه التفاعل الحقيقي نحو النواتج التي مولاتها 2 بينما المتفاعلات 1 مول لان الكربون لا يحسب كونه صلب وبذلك نحتاج الى خفض الضغط حتى يزداد الحجم ومنه يذهب نحو النواتج الاكبر عدد مولات

6- في التفاعل المتزن الاتي  $N_2 + O_2 + 180 KJ \rightleftharpoons 2NO_2$  فان رفع درجة الحرارة لناء التفاعل يعمل على زيادة قيمة Kc. (زيادة النواتج يعني زيادة قيمة Kc).

7- التغير بالضغط لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل  $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$  (مولات النواتج = مولات المتفاعلات)

8- للتفاعل المتزن  $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl$  طاقة + يمكن زيادة تركيز HCl عند خفض الحرارة للتفاعل.

9- في التفاعل المتزن  $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$  وبحرارة معينة اذا كانت قيمة Kp للتفاعل = 3 والضغط الجزئي لغاز  $NO_2 = 3atm$  فان الضغط الجزئي لغاز  $N_2O_4 = 3atm$ .  
الحل / واجب

10- في تفاعل ما وجد ان قيمة Kc =  $1 \times 10^{28}$  يدل على ان موضع التفاعل في اتجاه تكوين النواتج. (كلما Kc كبيرة تجاه النواتج صغيرة تجاه المتفاعلات).

11- عندما تكون Kp اصغر من Kc فان مجموع عدد المولات المتفاعلة أكبر من عدد مولات الناتجة احفظ ضروري : Kp اكبر من Kc مولات الناتجة اكبر Kp اصغر من Kc مولات الناتجة اقل





12- إذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل اصغر من ثابت الاتزان للتفاعل فان التفاعل يتجه نحو النواتج.

13- عند رفع الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد مولات الغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الناتجة فان التفاعل يتجه نحو المتفاعلة . (زيادة ضغط تقليل حجم فيذهب نحو الاصغر)

14- العلاقة بين ثابت الاتزان وتراكيز النواتج طردية.

15- عند خفض الضغط في تفاعل فيه (  $\Delta n_g = -1$  ) التفاعل ينزاح نحو المتفاعلات وثابت الاتزان لا يتأثر . (الاشارة السالبة يعني النواتج اقل بخفض الضغط الحجم يكبر فيذهب نحو المتفاعلات)

16- تفاعل فيه  $K_c = 4$  عند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان لا يتأثر.

17- عندما  $\Delta n_g = 0$  لا يكون للضغط المسلط على التفاعل تأثير على حالة الاتزان.

18- يترجع التفاعل الخلفي لتفاعل متزن ماص عند تبريد اناء التفاعل

19- في التفاعلات الماصة تزداد تراكيز المواد الناتجة عند زيادة درجة الحرارة.

20- في تفاعل متزن وجد  $K_c = \frac{K_p}{RT}$  مما يدل على مجموع عدد مولات المواد الغازية الناتجة اكبر من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة .

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_c = \frac{K_p}{RT} \rightarrow K_c = K_p (RT)^{-1}$$

$$-\Delta n_g = -1$$

$$\Delta n_g = 1$$

س2 / اختر الإجابة الصحيحة ( مرشح هكذا نوع من الاسئلة).

1. ثابت الاتزان  $K_c$  للتفاعل المتزن الاتي  $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$  عند حرارة  $227^\circ C$  تبلغ  $4.17 \times 10^{-2}$  فان اتجاه التفاعل عند خلط  $0.4M$  من  $SO_3$  و  $0.1M$  من  $O_2$  و  $0.02M$  من  $SO_3$  تكون أ - باتجاه المواد المتفاعلة ب - باتجاه المواد الناتجة ج - التفاعل في حالة اتزان

الجواب / يجب ايجاد Q من العلاقة التالية  $Q = \frac{[SO_3]^2}{[O_2][SO_2]^2}$

$$Q = \frac{[0.4]^2}{[0.1][0.02]^2} \longrightarrow Q = \frac{0.16}{0.00004} \longrightarrow Q = 4000$$

نلاحظ ان Q اكبر من  $K_c$  اذا التفاعل ينزاح باتجاه المواد المتفاعلة نقطة أ

2. التفاعل المتزن  $CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + CaO_{(s)}$  يتم في وعاء مغلق فان كمية  $CaCO_3$  تزداد عندما

أ - تزال كمية من غاز  $CO_2$  من التفاعل عند الاتزان.  
ب - يزداد الضغط الكلي .  
ج - تضاف كمية من  $CaO$  الى خليط الاتزان.  
د - كل الاجابات السابقة خطأ.



3. التفاعل المتزن  $I_2 + F_2 \rightleftharpoons 2IF$  ثابت الاتزان  $K_c$  يساوي  $1 \times 10^6$  بدرجة حرارة  $2000K$  فاذا كان الضغط الجزيئي لغاز  $IF$  عند الاتزان  $0.2 \text{ atm}$  و  $4 \times 10^{-3}$  لغاز  $F_2$  فان الضغط الجزيئي لغاز  $I_2 =$  أ-  $5 \times 10^4 \text{ atm}$  ب-  $1 \times 10^{-5}$  ج-  $1 \times 10^{-5}$  د- جميع الاجابات خطأ

الحل / بما ان  $\Delta ng = 0$  فعليه يمكن القول  $K_p = K_c$

$$K_p = \frac{p_{IF}^2}{p_{I_2} \times p_{F_2}} \Rightarrow p_{I_2} = \frac{p_{IF}^2}{K_p \times p_{F_2}} \Rightarrow p_{I_2} = \frac{(0.2)^2}{10^6 \times 4 \times 10^{-3}} \Rightarrow p_{I_2} = \frac{4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^3} = 1 \times 10^{-5}$$

4 - اذا كانت قيمة  $K_c$  للتفاعل  $Li(s) + \frac{1}{2} I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI(s)$  عند  $300K$  تساوي  $640.3$  فان قيمة  $K_c$  للتفاعل التالي  $2Li + I_2 \rightleftharpoons 2LiI$  عند درجة الحرارة نفسها أ.  $25.3$  ب-  $41 \times 10^4$  ج-  $15.6 \times 10^5$  د - كل الاجابات السابقة خاطئة وعليه الجواب سيكون فرع د

$$K_{c2} \left( \frac{1}{K_{c1}} \right)^2 = \left( \frac{1}{640.3} \right)^2 = \frac{1}{409984} = 2.4 \times 10^{-6}$$

5- عند مزج محلول  $K_2CrO_4$  مع محلول  $HCl$  فانه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة

$$2CrO_4^{2-}(aq) + 2H^+(aq) \rightleftharpoons Cr_2O_7^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

اذا أردنا نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء نقوم بما يلي

أ - نضيف مزيد من الماء ب- نضيف مزيد من  $HCl$  ج - نضيف مزيد من  $K_2Cr_2O_7$  هـمسة:- لجعل اللون البرتقالي هو السائد يجب ان يتجه التفاعل نحو النواتج ولذلك اخترنا اضافة  $HCl$  حيث سيتجه التفاعل نحو النواتج للتخلص من الفائض من  $HCl$  وبالتالي سيتجه التفاعل نحو النواتج وسيصبح اللون البرتقالي هو السائد.

6- عند اضافة محلول  $NaOH$  الى المحلول السابق ( نقطة 5) نتوقع ان يحدث أ - زيادة بتركيز  $Cr_2O_7^{2-}$  ب - نقص بتركيز  $Cr_2O_7^{2-}$  ج - زيادة بتركيز الماء هـمسة:- عند اضافة  $NaOH$  الى التفاعل سيقوم بسحب  $HCl$  وبالتالي سيحدث نقص في تراكيز المتفاعلات فينتج التفاعل من النواتج نحو المتفاعلات وبالتالي يحدث نقص في تراكيز  $Cr_2O_7^{2-}$

7. للتفاعل المتزن الغازي  $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 92KJ$  قيمة  $K_p$  للتفاعل عند  $25C^\circ$   $= 5.5 \times 10^{-5}$  لذا فان قيمة  $K_c$  للتفاعل تساوي أ-  $22513.3$  ب-  $9 \times 10^4$  ج-  $0.03$  د - جميع الاجابات السابقة خطأ

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng} = 5.5 \times 10^{-5} (0.082 \times 298)^{-(-2)} = 5.5 \times 10^{-5} \times 597.11 = 0.03$$

8- للتفاعل المتزن  $Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(aq)}$  قيمة  $K_p$  عند الاتزان  $2558.4$  بدرجة حرارة  $4000K$  وقيمة  $K_f$  للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي  $1.56$  فان قيمة  $K_b =$  أ.  $0.2$  ب-  $20$  ج-  $7.8$  د - كل الاجابات السابقة خطأ

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng} \Rightarrow K_c = 2558(0.082 \times 4000)^{-1} \Rightarrow K_c = \frac{2558.4}{328} = 7.8$$

$$K_c = \frac{K_f}{K_b} \Rightarrow K_b = \frac{K_f}{K_c} \Rightarrow K_b = \frac{1.56}{7.8} = 0.2$$

9. راجع الكتاب المنهجي والاجابة واجب على الطالب.



## س3/ علل ما يأتي ( على الأغلب تعليل وزارى )

1- زيادة حجم الاناء لتفاعل غازي  $\Delta ng_{(Reactants)} < \Delta ng_{Products}$  يؤدي الى خفض المنتج.

الجواب / وذلك لان التفاعل يتجه نحو المولات الأكبر والتي هي في هذا التفاعل مولات المواد المتفاعلة وبالتالي سيقبل المنتج.

2- في التفاعل المتزن طاقة  $A \rightleftharpoons B$  لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

الجواب / وذلك لان عدد مولات المواد الناتجة وعدد مولات المواد المتفاعلة متساوي لذا لن يتأثر موضع الاتزان وبالتالي لن تتغير حرارة التفاعل لان كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة.

3- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جدا.

الجواب / وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية يكون احد تراكيزها او جميعها للمواد المتفاعلة = صفر لانها تستهلك تماما لذا فالكمية الناتجة تكون كبيرة وبالتالي قيمة ثابت الاتزان كبيرة.

4 - ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص عندما  $K_c = 0.3$  و  $Q = 1$ .

الجواب / لان قيمة  $Q$  اكبر من قيمة  $K_c$  فالتفاعل سيتجه نحو المتفاعلات (الخلفي) وبما ان التفاعل ماص سترتفع درجة الحرارة

5 - يعد التفاعل باعثا للحرارة اذا انخفضت قيمة  $K_c$  للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة.

الجواب / لانه كما هو معروف في التفاعلات الباعثة عند زيادة درجة الحرارة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات وبالتالي تقل قيمة ثابت الاتزان  $K_c$

6 - قيمة  $K_c$  ترتفع عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة.

الجواب / لان في التفاعلات الماصة للحرارة عند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الامام اي تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات وان  $K_c$  تزداد بزيادة تركيز النواتج.

7- زيادة الضغط على خليط متوازن ( $\Delta ng = 1$ ) فان الاتزان يتجه باتجاه المتفاعلات.

ج /  $\Delta ng$  قيمتها موجبة يعني عدد مولات النواتج اكبر وعند زيادة الضغط يتجه نحو العدد الاقل اي نحو المواد المتفاعلة.

8- تتوقف بعض التفاعلات تماما بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

الجواب / التفاعلات التي تتوقف هي تامة لانه يحدث استهلاك تام للمواد المتفاعلة جميعها او احد منها اما التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة الاتزان واصبحت التراكيز ثابتة.

9 - في التفاعل المتزن  $SO_2 + Cl_2 \rightleftharpoons SOCl_2$  + طاقة . ترتفع حرارة التفاعل عند إضافة  $SO_2$  الى الخليط.

الجواب / لانه باضافة  $SO_2$  الى الخليط يتجه التفاعل الى الخلف وبما ان التفاعل ماص ترتفع درجة الحرارة



WWW.iQ-RES.COM

الموقع التعليمي الاول على مستوى العراق



موقع طلاب العراق

99

( ... شارك رابط موقعنا ... )  
مع اصدقائك لتعم الفائدة  
ولا تنسونا من صالح دعائكم

66

نتائج

كتب

ملازم

أخبار

أسئلة

التعليم العالي

وزارة التربية

تابعونا ..



@iQRES



/ iQRES



/ NTAAj.iQ

كل ما ينشر في موقعنا من محتوى هو مجاني ولخدمة الطالب العراقي



# كنز الكيمياء



الاستاذ  
مهند علي السوداني

موقع طلاب العراق

2019

الفصل الثالث

## الاتزان الايوني



المركز التسويقي  
ملازم دار المغرب

07702729223



“تابعونا على التلي كرام

@iQRES

”

مؤتمرات طلاب عراق

www.iqres.com



المركز التسويقي

ملازم دار المغرب

07702729223



## الفصل الثالث الاتزان الايوني

### جدول الحوامض والقواعد والأملاح

الصيغة الكيميائية	الحوامض الضعيفة	الصيغة الكيميائية	الحوامض القوية
HF	حامض الهيدروفلوريك	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	حامض الكبريتيك
HCN	حامض الهيدروسيانيك	HNO <sub>3</sub>	حامض النتريك
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	حامض الكربونيك	HCl	حامض الهيدروكلوريك
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	حامض الفسفوريك	HBr	حامض الهيدروبروميك
CH <sub>3</sub> COOH	حامض الخليك	HI	حامض الهيدرويوديك
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> COOH	حامض البنزويك	HClO <sub>4</sub>	حامض البيركلوريك
HNO <sub>2</sub>	حامض النتروز	H <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	حامض الكروميك
HCOOH	8- حامض الفورميك	HMnO <sub>4</sub>	حامض فوق المنغنك
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	9- حامض الكبريتوز		
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	10- حامض الفينول		
الصيغة الكيميائية	القواعد الضعيفة	الصيغة الكيميائية	القواعد القوية
NH <sub>3</sub>	الامونيا	Ca(OH) <sub>2</sub>	هيدروكسيد الكالسيوم
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	الانيلين	NaOH	هيدروكسيد الصوديوم
C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	البيريدين	Ba(OH) <sub>2</sub>	هيدروكسيد الباريوم
CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	مثيل امين	KOH	هيدروكسيد البوتاسيوم
AgOH	هيدروكسيد الفضة	LiOH	هيدروكسيد الليثيوم
		RbOH	هيدروكسيد الروبيديوم
		Mg(OH) <sub>2</sub>	هيدروكسيد المغنسيوم

### ملاحظات

- 1- الحوامض القوية هي ثمانية حوامض كما هو واضح يمكن حفظها واعتبار باقي الحوامض ضعيفة هذه الحوامض تتفكك بشكل تام لذا ليس لها ثابت اتزان لذا اي حامض يعطى له ثابت اتزان في المواضيع القادمة هو حامض ضعيف ( $K_a$ ) هو ثابت الحوامض.
- 2- نفس الأمر ينطبق على القواعد القوية اي القواعد القوية ليس لها ثابت اتزان لانها تتفكك بشكل تام او بالأحرى لا يمكن قياس  $K_b$  لها كما يمكن ملاحظة ان اغلب القواعد القوية تنتهي ب ( $OH$ ) عدا هيدروكسيد الفضة.
- 3- لاحظ هناك حوامض ضعيفة تم تأشيرها تنتهي ب ( $OH$ ) هي حوامض عضوية وليست قواعد كما انها حوامض أحادية البروتون.
- 4- اغلب هذه الحوامض والقواعد حينما تتأين بالماء ليس شرط كتابة الماء في المعادلة مباشرة تكتب عملية التحلل عدا القواعد الضعيفة يكتب الماء في المعادلة لإظهار ايون الهيدروكسيد.
- 5- هناك أملاح كثيرة ذوبان وأملاح شحيحة الذوبان واعدادها كثيرة والنوعين من ضمن منهاج الدراسة كيف نفرق؟ للأملاح الشحيحة الذوبان ثابت يدعى ثابت حاصل الاتزان  $K_{sp}$  حينما يعطى في السؤال او يطلب (مجهول) فالمثلج شحيح الذوبان.



(1) الحامض الضعيف



$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{\text{متبقي}}}$$

$$\text{درجة تفكك الحامض} = \frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[الابتدائي للحامض]} \times 100\%$$

$$\% \text{ لتفكك للحامض} = \frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[الابتدائي للحامض]} \times 100\%$$

$$\text{او } \% \text{ لتفكك للحامض} = \text{درجة التفكك} \times 100\%$$

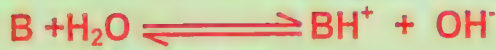
$$PK_a = -\log K_a$$

$$K_a = 10^{-PK_a}$$

$$PH = -\log[H^+]$$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

(2) القاعدة الضعيفة



$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]_{\text{متبقي}}}$$

$$\text{درجة تفكك القاعدة} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[الابتدائي للقاعدة]} \times 100\%$$

$$\% \text{ لتفكك للقاعدة} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[الابتدائي للقاعدة]} \times 100\%$$

$$\text{او } \% \text{ لتفكك للقاعدة} = \text{درجة التفكك} \times 100\%$$

$$PK_b = -\log K_b$$

$$K_b = 10^{-PK_b}$$

$$POH = -\log[OH^-]$$

$$[OH^-] = 10^{-POH}$$

(4) محلول ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيف

$$K_h = \frac{K_w}{K_b}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}}$$

$$PH = \frac{1}{2} [PK_w - PK_b - \log C]$$

(3) محلول ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_a}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a \times K_w}{C}}$$

$$PH = \frac{1}{2} [PK_w + PK_a + \log C]$$

(6) محلول بفر لمزيج مكون من قاعدة ضعيفة وملحها.

$$POH = PK_b + \log \frac{[Salt]}{[base]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log \frac{[Salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log \frac{[Salt] - [OH^-]}{[base] + [OH^-]}$$

(5) محلول بفر لمزيج مكون من حامض ضعيف وملحه.

$$PH = PK_a + \log \frac{[Salt]}{[acid]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$PH = PK_a + \log \frac{[Salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$PH = PK_a + \log \frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

(9) قوانين اخرى سابقة مهمة للفصل

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

قبل الاضافة بعد الاضافة

$$M = \frac{m}{M \times V(L)}$$

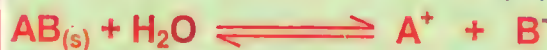
قانون التخفيف

قانون المولارية

ومنه القانون المهم جدا جدا التالي

$$m = M \times M \times V(L)$$

(7) الذوبانية (S)



$$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

$$S(\text{mol/L}) = \frac{S(\text{g/L})}{M(\text{g/mol})}$$

(8) ثابت التآين للماء

$$PH + POH = 14$$

$$K_w = 1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$$



**1-3 مقدمة :** اغلب التفاعلات تجري في المحاليل لذلك تعتبر المحاليل مهمة جدا في الكيمياء وان اغلب المحاليل تحضر باستعمال الماء او المذيبات العضوية لكن ما سيعتمد عليه هو المحاليل المائية.

## 2-3 المواد الالكتروليتيّة والمواد غير الالكتروليتيّة

**المحلول المائي :-** هو مزيج متجانس من ذوبان المذاب في المذيب (الماء).

وصنفت المحاليل على هذا الاساس الى صنفين

- 1- **الالكتروليّات :-** هي المواد التي يمكن لمحاليلها المائية القابلية على التوصيل الكهربائي مثل كلوريد الصوديوم.
- 2- **المواد غير الالكتروليّية :-** هي المواد التي تكون لمحاليلها المائية عدم القابلية على التوصيل الكهربائي مثل السكر.

**س/ ما هي المميزات او الصفات العامة للالكتروليّات؟**

- 1) قابلية محاليلها على التوصيل الكهربائي سواء كانت منصهرة او على شكل محلول.
- 2) تكون محصلة الشحنة لمحاليلها = صفر اي انها متعادلة.
- 3) عند ذوبانها في الماء محلولها يتضمن ايونات موجبة وسالبة.
- 4) تعتمد قابليتها للتوصيل الكهربائي على طبيعة الايونات المكونة وعلى تركيز الايونات ودرجة الحرارة.

• **تصنف الالكتروليّات الى صنفين**

- 1- **الالكتروليّات القوية :** وهي الالكتروليّات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل الكهربائي علل (وذلك بسبب تفككها التام في محاليلها المائية). ومن الامثلة عليه حامض HCl و NaCl و NaOH

عملية تفكك هذه الالكتروليّات يمكن تمثيلها بالمعادلات التالية



لاحظ المعادلة من سهم باتجاه واحد اي تفكك تام.



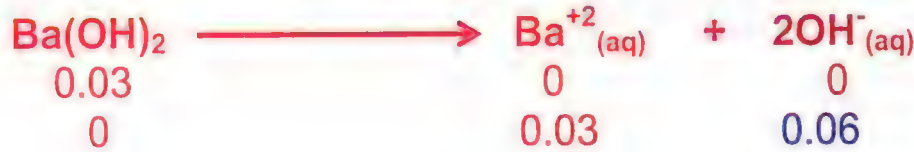
**بشكل عام هناك 3 فئات من الالكتروليّات القوية.**

1. الحوامض القوية 2- القواعد القوية 3- معظم الاملاح الذائبة في الماء



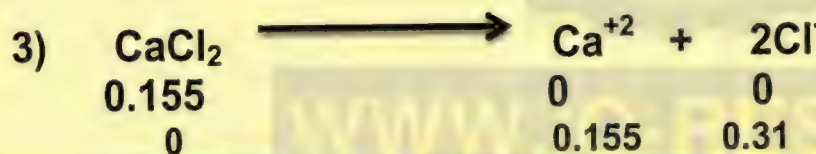
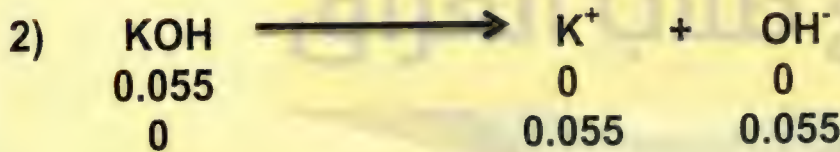
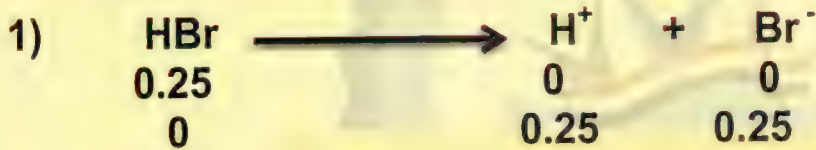
س / كيف تحسب تراكيز الايونات في محاليل الالكتروليتات القوية؟  
ج / تحسب مباشرة من تراكيز الالكتروليتات القوية كما في الامثلة ادناه.

**مثال (1-3)** احسب التراكيز المولارية لايون  $Ba^{+2}$  وايون  $OH^-$  في محلول  $0.03M$  هيدروكسيد الباريوم  $Ba(OH)_2$ .



وعليه تركيز  $[Ba^{+2}]$  في المحلول  $0.03M$   
تركيز  $[OH^-]$  في المحلول  $0.06M$

**تمرين (1-3)** احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها (1)  $0.25M$  من  $HBr$  (2)  $0.055M$  من  $KOH$  (3)  $0.155M$  من  $CaCl_2$  (لحلول)



**مثال اضافي 1** احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها (1)  $0.33M$  من  $H_2CrO_4$  (2)  $0.05M$  من  $Ca(OH)_2$  (لحلول)







2. **الالكتروليتات الضعيفة :** هي الألكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل ضعيفة التوصيل الكهربائي علل (لكونها تتأين بشكل محدود في الماء) ومن الأمثلة عليها حامض الخليك  $\text{CH}_3\text{COOH}$  والأمونيا  $\text{NH}_3$  وأملاح شحيحة الذوبان مثل  $\text{AgCl}$ .



لاحظ: عند ثبوت درجة الحرارة تتفكك جزيئات حامض الخليك الضعيف في محلوله المائي لينتج عنه أيونات الهيدروجين  $\text{H}^+$  وأيونات الغلات  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  وفي نفس الوقت تتحد هذه الأيونات مع بعضها لتكوين حامض الخليك (تفاعل خلفي) وعند الوصول إلى حالة اتزان سيصبح له ثابت اتزان يعبر عن تراكيز المحاليل.

$$K_c = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

**مثال (2-3) اكتب التعبير الرياضي لحساب قيمة  $K_c$  لمحلول الأمونيا المخفف.**

للاطلاع

الجواب / نكتب معادلة تفكك الأمونيا



$$K_{eq} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_2\text{O}]}$$

بما أن المذيب هو الماء الذي له قيمة ثابتة هي  $M = 55.55$  تم استنتاجها بالصورة التالية

$$\rho \text{H}_2\text{O} = 1 \text{ Kg} / \text{L} = 1000 \text{g} / \text{L}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18 \text{ g} / \text{mol}$$

$$M = \frac{m(g)}{M(g/mol) \times V(L)} = \frac{1000(g)}{18(g/mol) \times 1(L)} = 55.55 \text{ M} \text{ حفظ}$$

يتم دمج هذا الثابت مع  $K_{eq}$  لينتج  $K_c$  وعليه سيكون ثابت الأمونيا كالاتي

$$K_c = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

وعليه يجب الانتباه عندما يكون الماء هو المذيب عند التعبير عن قيم  $K_c$  لن نكتب قيمة  $[\text{H}_2\text{O}]$  في قانون ثابت الاتزان لأنها قيمة ثابتة دخلت مع قيمة ثابت الاتزان.



### 3-3 تفكك الالكتروليتات الضعيفة.

كما مر سابقا فان تعريف الحامض والقاعدة حسب نظرية برونشتد يكون كالآتي:-

**الحامض :-** هي المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينة.



**القاعدة :-** هي المادة التي لها القابلية على اكتساب بروتون لتكوين حامض قرين.



**الحوامض الضعيفة:-** تعد الكتروليتات ضعيفة لان عملية تفككها في الوسط المائي تخضع الى حالة اتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة يمكن التعبير عنها بواسطة ثابت الاتزان.

#### المعادلة العامة لتفكك الحوامض الضعيفة



وعليه علاقة ثابت الاتزان ستكون بالصورة التالية

ليس هناك فرق بين  
 $\text{H}_2\text{O}^+$  و  $\text{H}^+$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

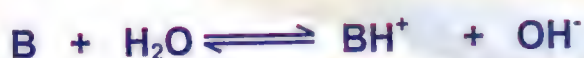
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

هذه من سيعتمد عليها

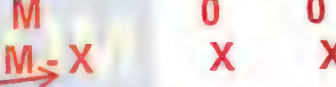
$K_a$  (من acid وتعني حامض) وهي تمثل ثابت تفكك الحامض او ثابت التاين للحامض الضعيف.

### ملاحظات حسابية لمسائل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة.

1. نكتب معادلة تفكك الحامض القوي او القاعدة الضعيفة



2. نكتب الفرضية من حقلين فقط حيث تمثل X تركيز ايونات  $[\text{H}^+]$  للحامض و  $[\text{OH}^-]$  للقاعدة.



يهمل

3. يستعمل اسلوب التقريب وذلك باهمال قيمة X المطروحة بالحالات التالية.

أ. اذا كانت قيمة  $K_a$  او  $K_b = 10^{-5}, 10^{-6}$  الخ.

ب. درجة التفكك او التاين = 0.05 فما تحت جـ. النسبة المئوية للتاين = 5% فما تحت.

4. تستخدم طريقة الدستور في حالة عدم اهمال قيمة X. (لن نستخدمها في المنهاج)

5. درجة التفكك =  $\frac{(\text{تركيز الجزء المتأين})}{\text{التركيز الابتدائي للمادة}}$

6. النسبة المئوية للتفكك =  $\frac{(\text{تركيز الجزء المتأين})}{\text{التركيز الابتدائي للمادة}} \times 100\%$  ← وعليه النسبة المئوية للتفكك = درجة التفكك  $\times 100\%$

7. سير اتجاه التفاعل دائما امامي.

$$M_2 = \frac{M_1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$$

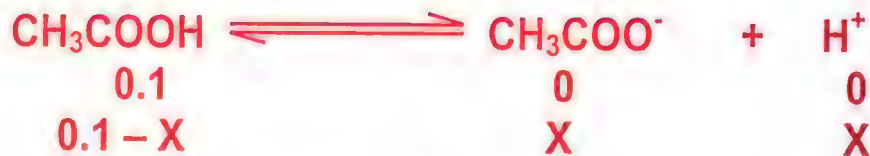
$$\frac{M_1}{M_2} = \text{عدد مرات التخفيف}$$



**مثال 3-3** أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في 0.1M في محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التآين والنسبة المئوية لتفكك الحامض علما ان  $K_a$  للحامض  $= 1.8 \times 10^{-5}$

للفائدة  $\sqrt{1.8} = 1.34$

الحل /



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1 - X)} \quad \text{يُهمل}$$

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \quad \text{نأخذ الجذر التربيعي}$$

$$X = 1.3 \times 10^{-3} \text{ M} = [\text{H}^+]$$

$$\text{(2) درجة التفكك} = \frac{[\text{H}^+] \text{ عند الاتزان}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$$

$$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$$

$$\text{(3) النسبة المئوية للتفكك} = 100 \times \frac{[\text{H}^+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$$

$$\% 1.3 = \% 100 \times \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1}$$

$$\% 1.3 = \% 100 \times 1.3 \times 10^{-2} = \% 100 \times \text{درجة التفكك}$$

**تمرين (2-3)** احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي لحامض الهيدروسيانيك HCN

تركيزه 0.2M و  $K_a$  له  $= 4.9 \times 10^{-10}$  ؟

الحل /



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$

$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2 - X} \quad \text{يُهمل}$$

$$X^2 = 0.98 \times 10^{-10} \quad \text{بالجذر}$$

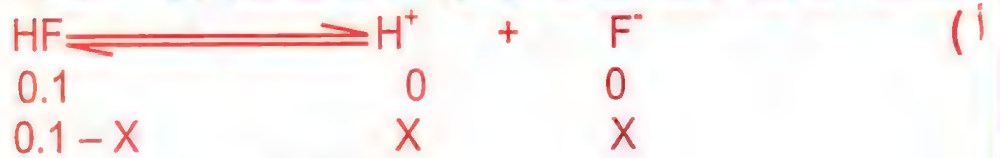
$$X = 1 \times 10^{-5} \text{ M} = [\text{H}^+]$$





**مثال (4-3) احسب درجة التفكك والنسبة المئوية للتأين لحامض HF ( $K_a = 6.8 \times 10^{-4}$ ) في محلولهما المائي بتركيز (أ) 0.1M (ب) 0.01M**

**الحل /** نلاحظ ان ثابت التفكك اكبر من  $10^{-5}$  لذا نستخدم طريقة الدستور



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$$

$$6.8 \times 10^{-4} = \frac{X^2}{(0.1 - X)}$$

$$X^2 = (6.8 \times 10^{-5}) - (6.8 \times 10^{-4} X)$$

$$X^2 + (6.8 \times 10^{-4} X) - (6.8 \times 10^{-5}) = 0$$

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

**نستعمل طريقة الدستور**

وبتعويض الارقام نحصل على قيمة  $X = 7.91 \times 10^{-3} \text{ M}$  وهي قيمة تركيز  $[\text{H}^+]$  وعليه

$$7.91 \times 10^{-2} = \frac{7.91 \times 10^{-3}}{0.1} = \frac{[\text{H}^+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$$

$$7.91\% = 100\% \times 7.91 \times 10^{-2} = 100\% \times \text{درجة التفكك}$$

$$2.29 \times 10^{-3} \text{ M} = [\text{H}^+] \text{ كالاتي}$$

$$\text{درجة التفكك} = 0.229 = \text{النسبة المئوية} = 22.9\%$$

**تمرين 3-3 احسب تركيز  $[\text{H}^+]$  المائي لمحلول الفينول  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  ( $K_a = 1.3 \times 10^{-10}$ ) الذي تركيزه**

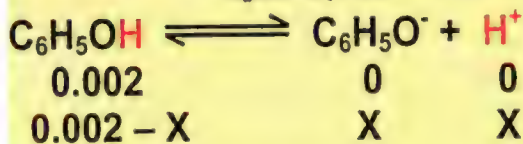
(أ) 0.2M (ب) بعد تخفيفه لمئة مرة **للإفادة  $\sqrt{26} = 5.1$**

(أ) 0.2M

(ب) بعد التخفيف 100 مرة

$$\frac{M_1}{M_2} = \text{عدد مرات التخفيف}$$

$$\Rightarrow M_2 = \frac{M_1}{\text{عدد مرات التخفيف}} = \frac{0.2}{100} = 0.002$$



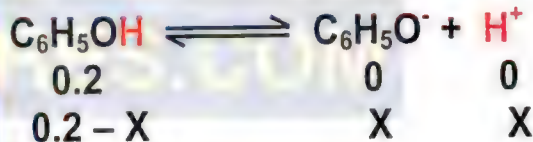
$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002 - X} \rightarrow \text{يهمل}$$

$$X^2 = 0.0026 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 26 \times 10^{-14}$$

$$X = 5.1 \times 10^{-7} \text{ M} = [\text{H}^+]$$



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2 - X} \rightarrow \text{يهمل}$$

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 26 \times 10^{-12}$$

$$X = 5.1 \times 10^{-6} \text{ M} = [\text{H}^+]$$





## ملاحظات عن التخفيف

لو نلاحظ في المثالين السابقين انه حينما خففنا التركيز 100 مرة قل تركيز ايون الهيدروجين بمقدار 10 مرات لكن درجة التفكك لو طبقنا قانونها في الحالتين سترداد 10 مرات.

## علل / بتخفيف التركيز تزداد درجة التفكك؟

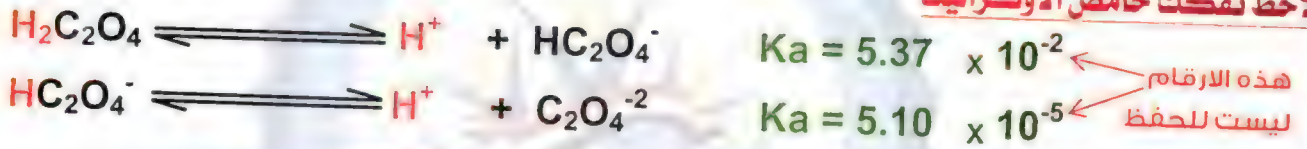
لان عملية التخفيف تؤدي الى زيادة تفكك المذاب و نقصان في كمية الجزء غير المتفكك .

## الحوامض الضعيفة احادية البروتون والمتعددة البروتون.

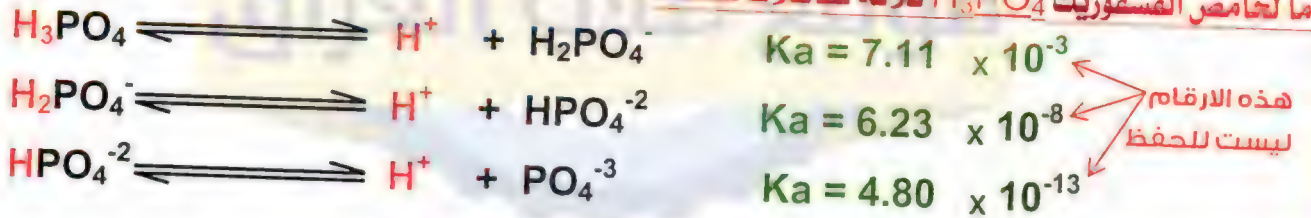
**حوامض احادية البروتون :** - هي الحوامض التي تمتلك ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين ويكون لها ثابت تفكك واحد مثل حامض الخليك  $\text{CH}_3\text{COOH}$  - الهيدروفلوريك  $\text{HF}$ .

**حوامض متعددة البروتون :** - هي الحوامض التي تمتلك اكثر من ذرة هيدروجين قابلة للتأين ويكون لها اكثر من ثابت تفكك بمقدار عدد البروتونات التي تمتلكها مثل حامض الاوكزاليك  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  - حامض الفسفوريك  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

### لاحظ تفكك حامض الاوكزاليك



### اما لحامض الفسفوريك $\text{H}_3\text{PO}_4$ ثلاثة تفاعلات تفكك



## نلاحظ في المعادلات اعلاه ان $K_{a1} > K_{a2} > K_{a3}$ ( لماذا )

(السبب في ذلك ان الاصناف التي تحمل شحنة سالبة تنقص قابليتها على فقدان بروتون موجب الشحنة بسبب ازدياد التجاذب الالكتروستاتيكي بين ايونات ذرات الشحنات المختلفة)

**س/ اكتب معادلات تأين حامض الكبريتوز  $\text{H}_2\text{SO}_3$  وبين اي خطوة لها ثابت تفكك اكبر ولماذا؟**

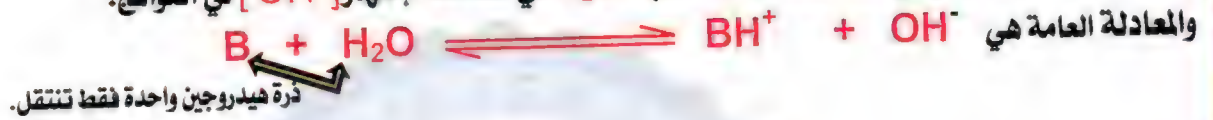


**الحوامض الضعيفة:-** وتعرف حسب مفهوم برونشستد على انها التي لها القابلية على اكتساب البروتونات ولها ثابت تفكك  $K_b$

**أشهر القواعد الضعيفة**

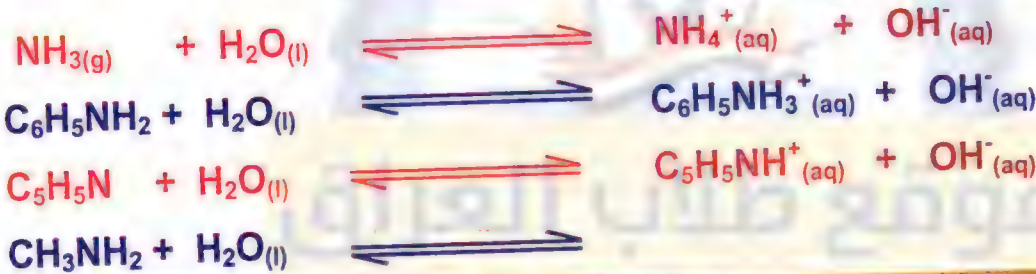
1. الامونيا  $NH_3$
2. الانيلين  $C_6H_5NH_2$  او  $C_6H_7N$  **حفظ صيغة واسم**
3. البريديين  $C_5H_5N$
4. مثيل امين  $CH_3NH_2$

يعبر عن الاتزان الايوني في هذه المعادلات بكتابة  $H_2O$  في المعادلة لإظهار  $[OH^-]$  في النواتج.

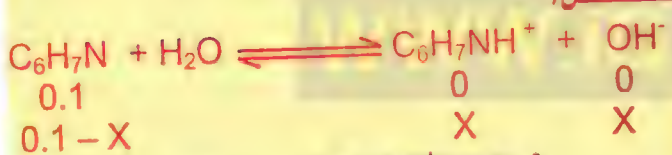


$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

**س/ أكتب معادلات تفكك القواعد الاربعة اعلاه**



**تمرين 4-3** أحسب درجة التآين للمحلول المائي للانيلين  $C_6H_7N$   $K_b = 3.8 \times 10^{-10}$  وتركيزه  $0.1M$  للفائدة  $\sqrt{38} = 6.2$



$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C_6H_7N]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{[X^2]}{0.1 - X} \rightarrow \text{يُهمل بالجذر التربيعي}$$

$$X^2 = 3.8 \times 10^{-11} = 38 \times 10^{-12}$$

$$X = 6.2 \times 10^{-6} M = [OH^-]$$

$$\frac{[OH^-]}{[التركيز الابتدائي]} = \text{درجة التآين}$$

$$\text{درجة التآين} = \frac{6.2 \times 10^{-6}}{0.1} = 6.2 \times 10^{-5}$$

**مثال 5-3** احسب تركيز  $[OH^-]$  ودرجة التآين والنسبة المئوية للمحلول المائي للامونيا الذي تركيزه  $0.2$  علما  $K_b$  للامونيا  $1.8 \times 10^{-5}$

الحل:  $\sqrt{3.6} = 1.9$  للفائدة



$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.2 - X}$$

$$X^2 = 0.36 \times 10^{-5} = 3.6 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.9 \times 10^{-3} M = [OH^-]$$

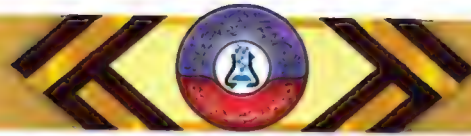
$$\frac{[OH^-]}{[التركيز الابتدائي]} = \text{درجة التآين}$$

$$\text{درجة التآين} = \frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = 9.5 \times 10^{-3}$$

$$\text{النسبة المئوية للتآين} = \text{درجة التفكك} \times 100\%$$

$$0.95\% = 100 \times 9.5 \times 10^{-3}$$





## أسئلة الفصل الخاصة لتفكك الحامض الضعيف والقاعدة الضعيفة

**سؤال 3-10** اذا علمت ان  $K_a$  لحامض البروبانويك  $C_2H_5COOH = 1.3 \times 10^{-5}$  ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض المائي ذو التركيز  $0.65M$ ؟

للفائدة  $\sqrt{8.45} = 2.9$

الحل/



$$K_a = \frac{[H^+][C_2H_5COO^-]}{[C_2H_5COOH]}$$

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.65 - X}$$

$$X^2 = 0.845 \times 10^{-5} = 8.45 \times 10^{-6} M$$

$$X = 2.9 \times 10^{-3} M = [H^+]$$

$$\% 100 \times \frac{[H^+]}{[الابتدائي]} = \text{النسبة المئوية للتأين}$$

$$\% 0.45 = 100 \times \frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.65} =$$

في حالة اذا كان الثابت مجهول او التركيز الابتدائي للالكتروليت الضعيف ويمكن الوصول الى تراكيز  $H^+$  او  $OH^-$  يمكن تطبيق القوانين التاليه مباشرة دون كتابه معادلة التأين

WWW.10-RES.COM

أ - للحوامض الضعيفة

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

حيث Y تركيز الحامض الابتدائي

ب - للقواعد الضعيفة

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{Y}$$

حيث Y تركيز القاعدة الابتدائي





**سؤال 3-26** إذا علمت ان درجة التفكك المئوية

0.1M من حامض  $\text{HCN}$  = 0.01%

كم هو ثابت تأين هذا الحامض؟

الحل/

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{Y}$$

$Y = 0.1 \text{ M}$  تركيز الحامض الابتدائي

النسبة المئوية للتأين =  $100 \times \frac{[\text{H}^+]}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$

$$100 \times \frac{[\text{H}^+]}{0.1} = 0.01\%$$

$$[\text{H}^+] = \frac{0.01 \times 0.1}{100} = 10^{-5} \text{ M}$$

$$K_a = \frac{(10^{-5})^2}{0.1}$$

$$K_a = \frac{10^{-10}}{10^{-1}} = 10^{-9}$$

**سؤال 3-17** يتأين حامض الخليك  $\text{CH}_3\text{COOH}$

في محلوله المائي ذو التركيز 0.01M بمقدار

4.2% أحسب ثابت تأين الحامض؟

الحل/

$$K_a = \frac{[\text{H}^+]^2}{Y}$$

$Y = 0.01 \text{ M}$  تركيز الحامض الابتدائي

النسبة المئوية للتأين =  $100 \times \frac{[\text{H}^+]}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$

$$100 \times \frac{[\text{H}^+]}{0.01} = 4.2\%$$

$$[\text{H}^+] = \frac{4.2 \times 0.01}{100} = 4.2 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$K_a = \frac{(4.2 \times 10^{-4})^2}{0.01}$$

$$K_a = \frac{17.64 \times 10^{-8}}{10^{-2}} = 17.64 \times 10^{-6} = 1.76 \times 10^{-5}$$

### الاثرائيات الخاصة لتفكك الحامض الضعيف والقاعدة الضعيفة

**مثال اضافي 2** إذا كانت درجة التفكك

للمحلول المائي للأنيلين  $\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$  =  $2.76 \times 10^{-5}$

وتركيزها الابتدائي 0.5 M

جد (1) ثابت التأين للأنيلين

(2) النسبة المئوية لمحلولها المائي.

الحل/ واجب الناتج سيكون (1)  $3.8 \times 10^{-10}$

(2) النسبة المئوية سيكون الناتج  $2.76 \times 10^{-3}$

**مثال اضافي 1** تتأين الأمونيا  $\text{NH}_3$  في محلولها

المائي ذو التركيز 0.2M بدرجة تفكك

مقدارها 0.01 احسب ثابت تأين الأمونيا

الحل/

$$K_b = \frac{[\text{OH}^-]^2}{Y}$$

$Y = 0.2 \text{ M}$  تركيز الأمونيا الابتدائي

درجة التفكك =  $\frac{[\text{OH}^-]}{[\text{التركيز الابتدائي للقاعدة}]}$

$$\frac{[\text{OH}^-]}{0.2} = 0.01$$

$$[\text{OH}] = 0.002 = 2 \times 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{0.2}$$

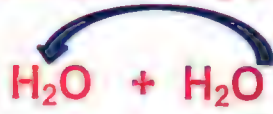
$$K_a = \frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-1}} = 2 \times 10^{-5}$$





## 4-3 التآين الذاتي للماء

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال البروتون من جزيء ماء الى جزيء آخر لتكوين ايون الهيدرونيوم  $H_3O^+$  و  $OH^-$   
**البرتنة :** عملية انتقال البروتون من جزيئة ماء الى جزيئة ماء اخرى بصورة تلقائية وهي مسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.



ويمكن كتابة المعادلة بصورة أبسط  $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$  وعليه

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

لاحظ ان تركيز الماء لم يكتب ايضا في المقام  
 كون ان تركيز الماء قيمة ثابتة قد دخل مع ثابت  $K_w$

بصورة عامة عملية تكوين  $H^+$  مصاحبة دائما لعملية تكوين  $OH^-$

وعليه تركيز  $H^+$  دائما مساوي لتركيز  $OH^-$  في جزيئات الماء مما يجعل الماء محلولاً متعادلاً وقد اثبتت الدراسات الحديثة التي

أجريت على الماء ان تركيز  $[H^+]$  في جزيئاته  $= 1 \times 10^{-7}$  وكذلك تركيز  $[OH^-]$

$$K_w = (10^{-7})^2 = 10^{-14}$$

وعليه

ركز هنا : - كما ذكرنا ان الماء محلول متعادل ليس حامضي او قاعدي لذا اذا اضفنا اليه حامض يؤدي ذلك الى زيادة تركيز ايونات  $H^+$  وحسب قاعدة لي شاتليه سيقبل هذا من تركيز ايونات  $OH^-$  للمحافظة على كمية  $K_w$  ثابتة والعكس صحيح. وخلاصة القول تكمن في التعابير ادناه.

$[H^+] < [OH^-]$  المحلول قاعدي.

$[OH^-] < [H^+]$  المحلول حامضي.

## ملاحظات حسابية عن التآين الذاتي للماء

1. اذا اراد حساب  $H^+$  و  $OH^-$  لمحلول حامضي نقوم بالآتي

أ. نستخرج تركيز  $H^+$  من تركيز الحامض كما تعلمنا من طرق حساب تركيز  $H^+$  للحامض الضعيف او القوي.

ب. نستخرج  $OH^-$  من العلاقة التالية  $K_w = [H^+][OH^-]$  ومن العلاقة

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

2. اذا اراد حساب  $H^+$  و  $OH^-$  لمحلول قاعدي نقوم بالآتي

أ. نستخرج تركيز  $OH^-$  من تركيز القاعدة القوية او الضعيفة

ب. نستخرج  $H^+$  من العلاقة التالية  $K_w = [H^+][OH^-]$  ومن العلاقة

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

3. اذا اراد حساب  $H^+$  من  $OH^-$  او بالعكس من العلاقة مباشرة  $K_w = [H^+][OH^-]$



**تمرين 3-5** احسب تراكيز ايونات  $H^+$  المائية في محلول يحتوي ايونات  $OH^-$  المائية بتراكيز

(أ)  $0.01M$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-2}} = 1 \times 10^{-12} M$$

(ب)  $5 \times 10^{-6} M$

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

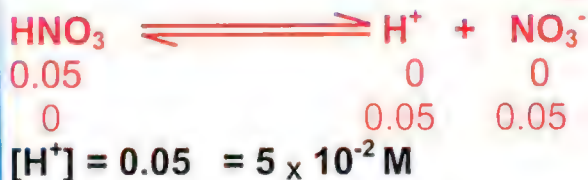
$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-6}}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^{-9} M$$

**مثال 3-6** احسب تراكيز  $H^+$  و  $OH^-$  في  $0.05M$  من حامض النتريك  $HNO_3$ ؟

الحل /



لاستخراج تركيز  $[OH^-]$  نستخدم العلاقة أدناه

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-2}}$$

$$[OH^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-2}} = 2 \times 10^{-13} M$$

**مثال اضافي 3** احسب تراكيز  $H^+$  و  $OH^-$  في  $0.03M$  محلول قاعدة ضعيفة B علما ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة  $1.2 \times 10^{-9}$

الحل /



$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

$$1.2 \times 10^{-9} = \frac{[X^2]}{0.03 - X}$$

يهمل

$$X^2 = 0.036 \times 10^{-9}$$

$$X^2 = 36 \times 10^{-12}$$

بالجذر التربيعي

$$X = 6 \times 10^{-6} M = [OH^-]$$

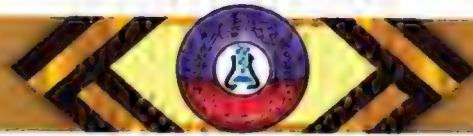
$$K_w = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-6}}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{6 \times 10^{-6}} = 1.66 \times 10^{-9} M$$





**مثال اضافي 4** احسب تراكيز  $H^+$  و  $OH^-$  ودرجة التآين والنسبة المئوية للتآين في 0.4M محلول حامض ضعيف HA علما ان ثابت تفكك الحامض الضعيف  $= 1.6 \times 10^{-6}$

**الحل** / واجب وللتأكد من صحة حلولك النواتج ستكون كالاتي.

$$[H^+] = 8 \times 10^{-4} \quad [OH^-] = 1.25 \times 10^{-11} \quad \text{درجة التآين} = 2 \times 10^{-3} \quad \text{النسبة المئوية للتآين} = 2 \times 10^{-1}$$

**مثال اضافي 5** يتآين حامض الخليك  $CH_3COOH$  في محلوله المائي ذو التركيز 0.25M بمقدار 4% احسب تركيز  $OH^-$  الحامض؟

**الحل** / واجب وللتأكد من صحة حلك  $[OH^-] = 1 \times 10^{-12}$

WWW.IQ-RES.COM





## حسابات في اللوغاريتم قبل الدخول الى موضوع الأس الهيدروجيني PH

1- اللوغاريتم المستخدم في هذا الفصل اللوغاريتم الاعتيادي العشري ويعرف بالصورة التالية.

$$\begin{aligned} \text{Log } Y &= X \\ \longrightarrow Y &= 10^X \\ \text{Log } 10^Y &= Y \end{aligned}$$

2- لاحظ القوانين التي تنطبق على اللوغاريتم

a)  $\text{Log } Z \times Y = \text{Log } Z + \text{Log } Y$

مثال 1/ جد قيمة  $\text{Log } 5 \times 6$  علما ان  $\text{Log } 5 = 0.7$  و  $\text{Log } 6 = 0.78$

$$\text{Log } 5 \times 6 = \text{Log } 5 + \text{Log } 6 = 0.7 + 0.78 = 1.48$$

مثال 2 / جد قيمة لوغاريتم  $7 \times 10^{-3}$  علما ان لوغاريتم  $7 = 0.845$

$$\text{Log } 7 \times 10^{-3} = \text{Log } 7 + \text{Log } 10^{-3} = 0.845 - 3 = -2.155$$

b)  $\text{Log } \frac{Z}{Y} = \text{Log } Z - \text{Log } Y$

$$\text{Log } 2 = 0.3$$

مثال 3/ جد قيمة  $\text{Log } \frac{1.8}{1.2}$  علما ان  $\text{Log } 3 = 0.477$

$$\text{Log } \frac{1.8}{1.2} = \text{Log } \frac{18}{12} = \text{Log } \frac{3}{2} = \text{Log } 3 - \text{Log } 2 = 0.477 - 0.300 = 0.177$$

3- لاحظ كيفية ايجاد عدد اساسه 10 وفيه أس سالب

$$X = 10^{-2.32}$$

نضيف لاس 3 و -3 لماذا لان العدد الاولي 2 يعني لو كان مثلا 3.7 نضيف 4 و -4 سيصبح بالصورة التالية

$$X = 10^{-2.32 + 3 - 3} \longrightarrow X = 10^{0.68 - 3} \longrightarrow X = 4.8 \times 10^{-3}$$

ملاحظة : سيزودك بهذه المعلومة في السؤال  $\text{Log } 4.8 = 0.68$  فانت تقوم بأخذ الرقم الي بجانب اللوغاريتم وتعوضه عن القيمة التي ظهرت لك بالسؤال.

مثال 4 جد قيمة Y اذا علمت ان  $Y = 10^{-4.54}$  علما ان  $\text{Log } 2.88 = 0.46$

$$Y = 10^{-4.54 + 5 - 5} \longrightarrow Y = 10^{0.46 - 5} \longrightarrow Y = 2.88 \times 10^{-5}$$



## 3-5 الاس الهيدروجيني PH

يكون عادة التعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات  $H^+$  و  $OH^-$  صعب جدا لذا تم اقتراح

الاس الهيدروجيني PH (الدالة الحامضية) للتعبير عن حامضية المحلول.

والاس الهيدروكسيدي POH (الدالة القاعدية) للتعبير عن قاعدية المحلول.

## وحسب العلاقات التالية

$$PH = -\text{Log} [H^+] = \frac{1}{[H^+]} \longrightarrow [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -\text{Log} [OH^-] = \frac{1}{[OH^-]} \longrightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$$

## أشتق علاقة تربط بين قيمتي PH و POH

$$[H^+] [OH^-] = 10^{-14}$$

نأخذ لوغاريتم طرفي المعادلة

$$\begin{aligned} \text{Log}[H^+] [OH^-] &= \text{Log} 10^{-14} \\ \text{Log}[H^+] + \text{Log} [OH^-] &= \text{Log} 10^{-14} \end{aligned}$$

نضرب طرفي المعادلة  $\times -1$

$$\begin{aligned} (-\text{Log}[H^+]) + (-\text{Log} [OH^-]) &= -\text{Log} 10^{-14} \\ PH + POH &= 14 \end{aligned}$$

## الجدول ادناه مهم جدا ويجب حفظه

خلي نطبيقات المفيد  
PH تحت 7 حامضي  
PH فوق 7 قاعدي  
PH = 7 متعادل

القيم عند 25°C	الحالة العامة	طبيعة المحلول
$PH < 7 < POH$	$PH < POH$	حامضي
$PH = 7 = POH$	$PH = POH$	متعادل
$PH > 7 > POH$	$PH > POH$	قاعدي

## مثال 3-7 أحسب قيمة PH لمحلول فيه تركيز

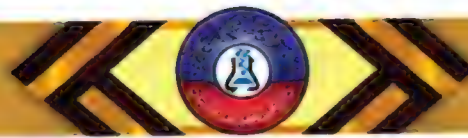
أيونات  $H^+ = 0.05$  علما ان  $\text{Log} 5 = 0.7$

$$\begin{aligned} PH &= -\text{Log} [H^+] \\ PH &= -(\text{Log} 0.05) \\ PH &= -(\text{Log} 5 \times 10^{-2}) \\ PH &= -(\text{Log} 5 + \text{Log} 10^{-2}) \\ PH &= -(0.7 - 2) = 1.3 \end{aligned}$$

ملاحظة مهمة جدا

1. العلاقة بين PH و POH علاقة عكسية.
2. العلاقة بين  $[H^+]$  و  $[OH^-]$  علاقة عكسية.
3. علاقة  $[H^+]$  مع POH طردية ومع PH عكسية.
4. علاقة  $[OH^-]$  مع PH طردية ومع POH عكسية.





قوانين مهمة جدا

تركيز الحامض القوي الاحادي البروتون  $[H^+] =$

تركيز الحامض القوي الثنائي البروتون  $\frac{[H^+]}{2} =$

تركيز القاعدة القوية الاحادية الهيدروكسيد  $[OH^-] =$

تركيز القاعدة القوية الثنائية الهيدروكسيد  $\frac{[OH^-]}{2} =$

تمرين 3-7 إذا علمت ان PH محلول حامض

النترك = 3.32 ما هي مولارية المحلول؟ علما

ان  $\text{Log } 4.76 = 0.68$

الحل / بما ان الحامض قوي واحادي البروتون.

$[HNO_3] = [H^+]$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-3.32 + 4 - 4}$

$[H^+] = 10^{0.68 - 4}$

$[H^+] = 4.76 \times 10^{-4} M = [HNO_3]$

مثال اضافي 6 إذا علمت ان PH محلول حامض

الكبريتيك  $H_2SO_4$  = 2.22 ما هي مولارية

المحلول؟ علما ان  $\text{Log } 6 = 0.78$

الحل / بما ان الحامض قوي وثنائي البروتون.

$[H_2SO_4] = \frac{[H^+]}{2}$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-2.22 + 3 - 3}$

$[H^+] = 10^{0.78 - 3}$

$[H^+] = 6 \times 10^{-3} = 0.006 M$

$[H_2SO_4] = \frac{[H^+]}{2} = \frac{[0.006]}{2} = 0.003 M$

مثال اضافي 7 إذا علمت ان PH محلول

هيدروكسيد الكالسيوم  $Ca(OH)_2$  = 12.3 ما

هي مولارية المحلول؟ علما ان  $\text{Log } 2 = 0.3$

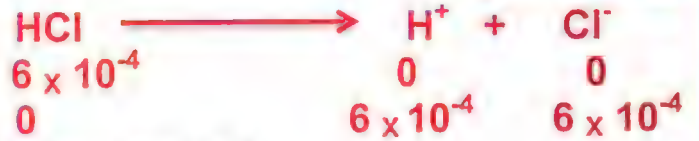
الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج  $0.01 M =$

تمرين 6-3 أحسب قيم الدالة الحامضية

للمحاليل الاتية . علما ان  $\text{Log } 6 = 0.78$

(أ)  $6 \times 10^{-4} M$  من حامض HCl

الحل /



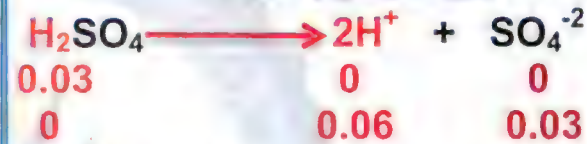
$PH = -\text{Log } [H^+]$

$PH = -(\text{Log } 6 \times 10^{-4})$

$PH = -(\text{Log } 6 + \text{Log } 10^{-4})$

$PH = -(0.78 + -4) = 3.22$

(ب)  $0.03 M$  من حامض  $H_2SO_4$



$PH = -\text{Log } [H^+]$

$PH = -(\text{Log } 0.06)$

$PH = -(\text{Log } 6 \times 10^{-2})$

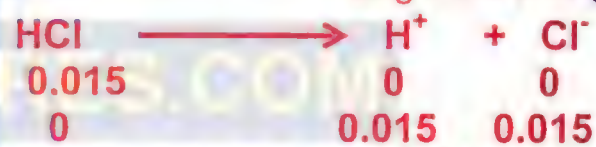
$PH = -(\text{Log } 6 + \text{Log } 10^{-2})$

$PH = -(0.78 - 2) = 1.22$

مثال 8-3 احسب  $[H^+]$  و  $PH$  و  $[OH^-]$  و  $POH$

لمحلول حامض HCl تركيزه  $0.015 M$

علما ان  $\text{Log } 1.5 = 0.18$



$[H^+] = 0.015 = 1.5 \times 10^{-2} M$

$PH = -\text{Log } [H^+]$

$PH = -\text{Log } (1.5 \times 10^{-2})$

$PH = -(\text{Log } 1.5 + \text{Log } 10^{-2})$

$PH = -(0.18 - 2) = 1.82$

$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.5 \times 10^{-2}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{1.5 \times 10^{-2}}$

$[OH^-] = 6.7 \times 10^{-13} M$

$PH + POH = 14$





**تمرين ( 9-3 )** احسب  $[H^+]$  و  $PH$  و  $[OH^-]$  و  $POH$  للمحلول المائي لـ  $Ca(OH)_2$  تركيز  $0.015 M$   
 وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟ استنفد من هذه المعلومة  $Log3 = 0.48$

الـجـلـ/واجب النتائج ستكون كالآتي

$$[OH^-] = 0.03M \quad [H^+] = 3.33 \times 10^{-13} M \quad POH = 1.52 \quad PH = 12.48$$



WWW.IQ-RES.COM



@iQRES



/iQRES

موقع طلاب العراق



المركز التسويقي





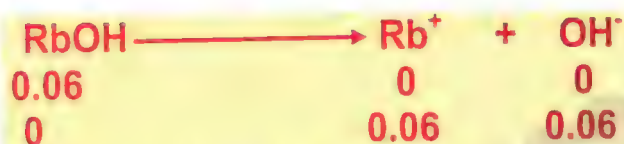
تمرين ( 3-8 ) اكمل الجدول التالي وهل هناك علاقة واضحة بين PH و POH ولماذا

المحلول	[H <sup>+</sup> ]	[OH <sup>-</sup> ]	PH	POH
0.15M HI	0.15	$6.67 \times 10^{-14}$	0.82	13.18
0.06M RbOH	$1.67 \times 10^{-13}$	0.06	12.78	1.22
0.02M Ba(OH) <sub>2</sub>	$2.5 \times 10^{-13}$	0.04	12.6	1.4
0.0003 HClO <sub>4</sub>	0.0003	$3.33 \times 10^{-11}$	3.53	10.47

$$\log 15 = 1.18$$

$$\log 4 = 0.6$$

$$\log 6 = 0.78$$



$$[\text{OH}^-] = 0.06 = 6 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{POH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$\text{POH} = -(\log 6 \times 10^{-2})$$

$$\text{POH} = -(\log 6 + \log 10^{-2})$$

$$\text{POH} = -(0.78 - 2) = 1.22$$

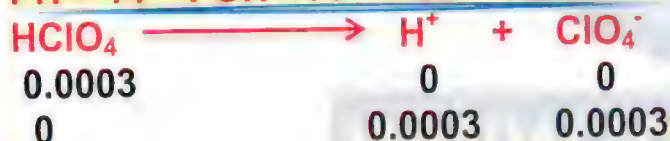
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-2}}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{6 \times 10^{-2}} = 1.67 \times 10^{-13} \text{ M}$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{PH} = 14 - \text{POH} = 14 - 1.22 = 12.78$$



$$[\text{H}^+] = 0.0003 = 3 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$\text{PH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -(\log 3 \times 10^{-4})$$

$$\text{PH} = -(\log 3 + \log 10^{-4})$$

$$\text{PH} = -(0.47 - 4) = 3.53$$

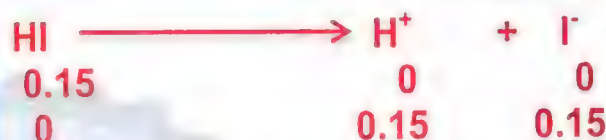
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-4}}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{3 \times 10^{-4}} = 3.33 \times 10^{-11} \text{ M}$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{POH} = 14 - \text{PH} = 14 - 3.53 = 10.47$$



$$[\text{H}^+] = 0.15 = 15 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{PH} = -\log[\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -(\log 15 \times 10^{-2})$$

$$\text{PH} = -(\log 15 + \log 10^{-2})$$

$$\text{PH} = -(1.18 - 2) = 0.82$$

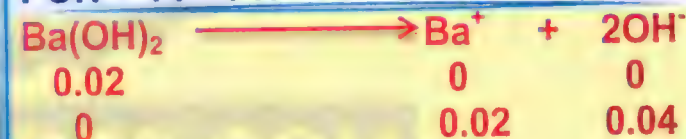
$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{H}^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{15 \times 10^{-2}}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{100 \times 10^{-16}}{15 \times 10^{-2}} = 6.67 \times 10^{-14}$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{POH} = 14 - \text{PH} = 14 - 0.82 = 13.18$$



$$[\text{OH}^-] = 0.04 = 4 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{POH} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$\text{POH} = -(\log 4 \times 10^{-2})$$

$$\text{POH} = -(\log 4 + \log 10^{-2})$$

$$\text{POH} = -(0.6 - 2) = 1.4$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-2}}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{4 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-13} \text{ M}$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{PH} = 14 - \text{POH} = 14 - 1.4 = 12.6$$

العلاقة بين PH و POH علاقة عكسية كلما زادت ال PH قلت ال POH والعكس صحيح





**سؤال (25-3)** كم هي كتلة هيدروكسيد

البوتاسيوم ( $M = 56 \text{ g/mol}$ ) اللازم اضافتها

الى 200ml لتصبح قيمة  $\text{PH} = 11$ ؟

**الحل /** ملاحظة هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية احادية الهيدروكسيد لذا بايجاد تركيز  $[\text{OH}^-] = \text{تركيز القاعدة}$ .

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{POH} = 14 - \text{PH} = 14 - 11 = 3$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{POH}}$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-3} = 0.001 \text{ M} = [\text{KOH}]$$

**نجد الكتلة من هذه العلاقة**

$$m(\text{g}) = M(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) \times V(\text{L})$$

$$V(\text{L}) = \frac{200 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/l}} = 0.2 \text{ L}$$

$$m(\text{g}) = 0.001(\text{mol/L}) \times 56(\text{g/mol}) \times 0.2(\text{L})$$

$$m(\text{g}) = 0.0112 \text{ g}$$

**مثال إضافي 8** كم هي كتلة حامض

الكبريتيك ( $M = 98 \text{ g/mol}$ ) اللازم اضافتها

الى 350ml لتصبح قيمة  $\text{PH} = 2.4$  علما ان

$\text{Log } 4 = 0.6$  ؟

**الحل /** واجب وللتأكد من صحة الحل ج / 0.0686 g

**الحل /**

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{PH}}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-2.4 + 3 - 3}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{0.6 - 3}$$

$$[\text{H}^+] = 4 \times 10^{-3} \text{ M} = 0.004 \text{ M}$$

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{[\text{H}^+]}{2} = \frac{0.004}{2} = 0.002 \text{ M}$$

**نجد الكتلة من هذه العلاقة**

$$m(\text{g}) = M(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) \times V(\text{L})$$

$$V(\text{L}) = \frac{350 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/l}} = 0.35 \text{ L}$$

$$m(\text{g}) = 0.002 \text{ mol/L} \times 98 \text{ g/mol} \times 0.4(\text{L})$$

$$m(\text{g}) = 0.0784 \text{ g}$$

**سؤال (4-3)** ما عدد غرامات  $\text{CH}_3\text{COOH}$

( $M = 60 \text{ g/mol}$ ) الواجب اضافتها الى 250ml

من الماء المقطر ليصبح  $\text{PH}$  المحلول بعد

الاضافة 2.7 علما ان  $\text{PKa}$  للحامض = 4.74

$$\text{Log } 1.8 = 0.26 \quad \text{Log } 2 = 0.3$$

**الحل /**

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{PH}}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-2.7 + 3 - 3}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{0.3 - 3}$$

$$[\text{H}^+] = 2 \times 10^{-3} \text{ M} = 0.002 \text{ M}$$

$$\text{Ka} = 10^{-\text{PKa}}$$

$$\text{Ka} = 10^{-4.74 + 5 - 5}$$

$$\text{Ka} = 10^{0.26 - 5}$$

$$\text{Ka} = 1.8 \times 10^{-5}$$

$$\text{Ka} = \frac{[\text{H}^+]^2}{Y}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.002)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.002)^2}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

$$Y = \frac{(4 \times 10^{-6})}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

$$Y = 2.2 \times 10^{-1} = 0.22 \text{ M}$$

تركيز الحامض الابتدائي

**نجد كتلة الحامض من العلاقة التالية**

$$m = M(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) \times V(\text{L})$$

$$V(\text{L}) = \frac{250 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/L}} = 0.25 \text{ L}$$

$$m = 0.22 \text{ mol/L} \times 60 \text{ g/mol} \times 0.25(\text{L})$$

$$m = 3.3 \text{ g}$$





**مثال اضافي 10** ما هي الكتلة المولية لحمض

ضعيف تم اذابة 2.4g منه في 800ml للحصول

على محلول PH له 3 علما ان  $K_a = 2 \times 10^{-5}$

**الحل /**  $[H^+] = 10^{-PH}$

$$[H^+] = 10^{-3} = 0.001$$

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

$$2 \times 10^{-5} = \frac{(0.001)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.001)^2}{[2 \times 10^{-5}]} = \frac{(1 \times 10^{-6})}{[2 \times 10^{-5}]}$$

$$Y = 5 \times 10^{-2} = 0.05 \text{ M}$$

تركيز الحامض الابتدائي

$$m = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{m}{M \times V}$$

$$V(L) = \frac{800 \text{ ml}}{1000 \text{ ml/L}} = 0.8 \text{ L}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{m}{M \times V}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{2.4g}{0.05 \text{ mol/L} \times 0.8L} = 60 \text{ g/mol}$$

**مثال اضافي 11** ما هي الكتلة المولية لحمض

قوي ثنائي البروتون كتلته 0.98g مذاب في

500 ml من الماء المقطر للحصول على

محلول PH له 1.4 علما ان  $\log 4 = 0.6$

**واجب /** للتأكد من صحة الحل الجواب 98g/mol

**مثال اضافي 9** ما عدد غرامات البردين  $C_5H_5N$

(  $M=79g/mol$  ) الواجب اضافتها الى 400mL

من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد

الاضافة 10.6 علما ان  $PK_b$  للبردين = 6.4

$$\log 4 = 0.6$$

**الحل /** واجب ناتج الحل سيكون 12.64 g

موقع

WWW.IQ-RES.COM







**مثال اضافي 13** ما حجم محلول حامض الفورميك  $\text{HCOOH}$  كتلته المولية (46 g / mol) وكتلته 23g ،  $\text{POH} = 11.6$  و  $K_a = 4 \times 10^{-5}$  علما ان  $\text{Log}4 = 0.6$  .

**الحل /** واجب للتأكد من صحة الحل الناتج 1.25L

**مثال اضافي 12** احسب الكتلة المولية لقاعدة ضعيفة اذيب 3.95g منها في 500ml من الماء المقطر لجعل  $\text{PH} = 10.3$

$$\log 2 = 0.3$$

$$\text{Log} 4 = 0.6$$

$$\text{PK}_b = 6.4$$

**الحل /**

$$m = M \times M \times V(L)$$

$$\longrightarrow M = \frac{m}{M \times V}$$

بما ان القاعدة ضعيفة فعليه

$$K_b = \frac{[\text{OH}]^2}{Y}$$

$$Y = \frac{[\text{OH}]^2}{K_b}$$

$$K_b = 10^{-K_b}$$

$$K_b = 10^{-6.4+7-7}$$

$$K_b = 10^{6.4-7}$$

$$K_b = 4 \times 10^{-7}$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{POH} = 14 - \text{PH}$$

$$= 14 - 10.3$$

$$\text{POH} = 3.7$$

$$\text{OH} = 10^{-\text{POH}}$$

$$\text{OH} = 10^{-3.7+2-2}$$

$$\text{OH} = 10^{0.3-4}$$

$$\text{OH} = 2 \times 10^{-4} \text{ M}$$

$$Y = \frac{(2 \times 10^{-4})^2}{4 \times 10^{-7}} \Rightarrow Y = \frac{4 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-7}} = 0.1 \text{ M}$$

$$V(L) = 500 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}}$$

$$= 0.5 \text{ L}$$

$$M = \frac{3.95}{0.1 \times 0.5}$$

$$M = 79 \text{ g / mol}$$



### 6-3 التمثيل

**التمذوب:** يقصد به تفاعل المادة مع المذيب المستعمل لإذابتها وغالبا ما تحدث بالمحاليل المائية وتدعى بالتحلل المائي.

**س/ ما المقصود بالتحلل المائي؟**

ج / هو تفاعل المادة المراد اذابتها مع الماء حيث تتضمن التفاعل مع ايونات  $H^+$  او  $OH^-$ .

## انواع التحلل المائي.

هناك أنواع من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر السالب (القاعدة القوية  $A^-$ ) للحمض الضعيف مع جزيء الماء لتكوين جزيء الحمض غير المتفكك مما يؤدي إلى حدوث اضطراب بين أيونات  $H^+$  و  $OH^-$  في الماء وبالتالي يتكون محلول قلوي نتيجة زيادة أيونات  $OH^-$  (لاحظ المخطط أدناه).



تكون زيادة من  $\text{OH}^-$  لذلك يصبح المحلول قاعدي.

**مثال / تفاعل ايون الخلايا مع الماء.**



وهناك نوع آخر من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر الموجب (الحامض القرين  $M^+$ ) للقاعدة الضعيفة مع جزئ الماء لتكوين جزئ القاعدة الضعيفة غير المتفككة مما يؤدي الى حدوث اضطراب بين ايونات  $H^+$  و  $OH^-$  في الماء وبالتالي يتكون محلول حامضي نتيجة زيادة ايونات  $H^+$



تكون زيادة من  $H^+$  لذلك يصبح المحلول حامضي.

**مثال / تفاعل ايون الامونيوم مع الماء.**



حسب مفهوم برونشتد تسلك القاعدة القرينة للحامض القوي سلوك قاعدة ضعيفة بينما تكون القاعدة القرينة للحامض الضعيف قاعدة قرينة قوية ونفس الامر بالنسبة للحوامض.

في التفاعلات ادناه حدد اكامض القوين القوي والضعيف والقاعدة القوينت القويوت والضعيفت





## انواع الاملاح.

- 1- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية. املاح متعادلة
- 2- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة. املاح حامضية
- 3- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية. املاح قاعدية
- 4- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض ضعيفة.

### النوع الأول : املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.

هي الاملاح الناتجة من الأيون الموجب للقاعدة القوية والايون السالب للحمض القوي وهو يعطي محاليل متعادلة (وذلك لان ليس لأيوناتها الموجبة او السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء).  
من الامثلة على هذه الاملاح  $KCl$  و  $NaCl$  و  $NaBr$  و  $K_2SO_4$   
بصورة عامة ان التقى احد الجذور للحوامض القوية مع احد الجذور للقاعدة القوية يتكون ملح متعادل مع بعض الاستثناءات (راجع بداية الملزمة لتحديد جذور الحوامض القوية والقواعد القوية)

### علل 1 / $NaCl$ لا يؤثر على PH الماء؟

ج / لأنه ملح متعادل ناتج من تفاعل حامض قوي  $HCl$  مع قاعدة قوية  $NaOH$   
لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

### علل 2 / الاملاح المشتقة من حامض قوي وقاعدة قوية متعادلة؟

ج / لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

### النوع الثاني : املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة

عند اذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة قاعدية بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحمض الضعيف التفاعل مع أيونات  $H^+$  في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تحصل زيادة في أيونات  $OH^-$  فتظهر الصفة القاعدية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح  $CH_3COONa$  -  $KCN$  بصورة عامة ان التقت جذور القواعد القوية مع جذور الحوامض الضعيفة .

### علل 3 / عند ذوبان ملح خلات الصوديوم في الماء يتكون ملح قاعدي؟

ج / لأنه ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل أيونات الحامض السالبة (قاعدة قرينة قوية) مع أيونات  $H^+$  وبذلك تنقص أيونات  $H^+$  وسيصبح هناك فائض في أيونات  $OH^-$  ويصبح المحلول قاعدي.

### علل 4 / الاملاح المشتقة من قاعدة قوية وحامض ضعيف املاح قاعدية؟

ج / بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحمض الضعيف التفاعل مع أيونات  $H^+$  في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تقل أيونات  $H^+$  تحصل زيادة في أيونات  $OH^-$  فتظهر الصفة القاعدية للمحلول

### علل 5 / عند ذوبان ملح فورمات البوتاسيوم $HCOOK$ في الماء تزداد قيمة PH؟ وزاري 2003

ج / واجب



## التحلل المائي للأيون السالب

يمكن وصف التحلل المائي لأيون الخلات بالمعادلة التالية.



والتعبير عنه يكون  $K_h$  ويدعى ثابت الاتزان لهذا التفاعل بثابت التحلل المائي يرمز له

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

قوانين التحلل المائي لمح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف.

$K_h = \frac{K_w}{K_a}$	$PK_h = PK_w - PK_a$
$[\text{OH}] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_a}}$	$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w \times K_a}{C}}$
$PH = \frac{1}{2} [PK_w + PK_a + \text{Log } C]$	$K_h = \frac{[\text{OH}^-]^2}{C}$

جدول

$K_h$ ثابت التحلل المائي	$K_w$ ثابت الحاصل الأيوني للماء و $10^{-14}$
$PK_a$ يمثل سالب لوغاريتم قيمة $K_a$ وهو قيمة ثابتة	تركيز ملح الحامض غير المتحلل (التركيز الابتدائي للملح)
$PK_h$ يمثل سالب لوغاريتم قيمة $K_h$	$PK_a$ يمثل سالب لوغاريتم قيمة $K_a$

## الحالات التي نعرف فيها ان هذا الملح قاعدي.

من الصيغة الكيميائية له او من اسمه وخاصة ان بدأ بهذه الاسماء **نترت - خلات - فورمات - سيانيد - فلوريد** وغالبا ينتهي بهذه الاسماء **الصوديوم - الكالسيوم - البوتاسيوم - الباريوم - الليثيوم**.

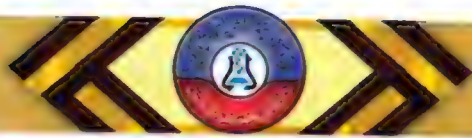
حينما يقول له  $PH$  أكثر من 7 فانه ملح قاعدي او  $POH$  اقل من 7.

إذا كانت  $[\text{OH}^-] < 10^{-7}$  فانه ملح قاعدي.

حينما يعطي في السؤال قيمة  $K_a$  فانه سؤال يخص ملح قاعدي.

جذر الحامض واسمه	الحامض الضعيف واسمه
نترت $\text{NO}_2^-$	حامض النتروز $\text{HNO}_2$
خلات $\text{CH}_3\text{COO}^-$	حامض الخليك $\text{CH}_3\text{COOH}$
فورمات $\text{HCOO}^-$	حامض الفورميك $\text{HCOOH}$
سيانيد $\text{CN}^-$	حامض الهيدروسيانيك $\text{HCN}$





## امثلة وتمارين النوع الثاني من الاملاح

(مثال 3-10) ما قيمة ثابت التحلل المائي لملاح خلات الصوديوم  $\text{CH}_3\text{COONa}$  اذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك  $= 1.8 \times 10^{-5}$  ؟

الحل / ملح خلات الصوديوم مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا يحسب ثابت تحلله من العلاقة التالية.

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}$$

(مثال 3-11) احسب قيمة PH لملاح خلات الصوديوم  $\text{CH}_3\text{COONa}$  تركيزه  $0.01\text{M}$  في حرارة  $25^\circ\text{C}$  علما ان ثابت تفكك حامض الخليك  $= 1.8 \times 10^{-5}$  ؟ علما ان  $\text{Log} 1.8 = 0.26$

الحل / الملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية يحسب له PH من العلاقة التالية

$$\text{PH} = \frac{1}{2} [\text{PK}_w + \text{PK}_a + \text{Log C}]$$

$$\text{PK}_w = 14$$

$$\text{PK}_a = -\text{Log } K_a$$

$$\text{PK}_a = -(\text{log } 1.8 \times 10^{-5})$$

$$\text{PK}_a = -(\text{Log } 1.8 + \text{Log } 10^{-5})$$

$$\text{PK}_a = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$\text{Log C} = \text{Log } 0.01 = \text{Log } 10^{-2} = -2$$

$$\text{PH} = \frac{1}{2} [14 + 4.74 - 2] = \frac{16.74}{2} = 8.37$$

تمرين (3-10) احسب تركيز ايون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملاح سيانيد البوتاسيوم KCN تركيزه  $0.1\text{M}$  ( $K_a \text{ HCN} = 4.9 \times 10^{-10}$ ) هل المحلول حامضي ام قاعدي؟  $\sqrt{2.04} = 1.43$

الحل / الملح مشتق من قاعدة قوية KOH وحامض ضعيف HCN

$$[\text{OH}] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_a}}$$

$$[\text{OH}] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 10^{-1}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-16}}{4.9 \times 10^{-10}}}$$

$$[\text{OH}] = \sqrt{2.04 \times 10^{-6}} = 1.43 \times 10^{-3} \text{M}$$

مثال اضافي 14 لتر من محلول احد الاملاح  $\text{PH} = 12$  له وثابت التحلل المائي له  $= 5 \times 10^{-9}$  ما عدد مولات الملح في المحلول؟

الحل / بما ان  $\text{PH} < 7$  المحلول قاعدي

$$K_h = \frac{K_w}{K_a} \Rightarrow K_a = \frac{K_w}{K_h} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-5}} = K_a = \frac{10 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-5}} = 2 \times 10^{-10}$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14 \Rightarrow \text{POH} = 14 - \text{PH} \Rightarrow \text{POH} = 14 - 12 = 2$$

$$\text{OH} = 10^{-\text{POH}} = 10^{-2} \text{M}$$

$$[\text{OH}] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_a}} \Rightarrow 10^{-2} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-10}}}$$

$$10^{-4} = \frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-10}} \Rightarrow C = \frac{10^{-4} \times 2 \times 10^{-10}}{10^{-14}} = 2\text{M} = \text{تركيز الملح}$$



### النوع الثالث : املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.

عند اذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة حامضية دائما بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات  $\text{OH}^-$  في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في أيونات  $\text{H}^+$  فتظهر الصفة الحامضية للمحلول ومن الأمثلة على هذه الأملاح

$\text{C}_5\text{H}_5\text{NHCl} - \text{NH}_4\text{Br} - \text{NH}_4\text{Cl}$  بصورة عامة ان التقت جذور القواعد الضعيفة مع جذور الحوامض القوية .

#### علل 6/ عند ذوبان ملح نترات الامونيوم في الماء يتكون ملح حامضي؟

ج / لأنه ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي لذا فعند تفاعله مع الماء فان الايونات الموجبة العائدة للقاعدة الضعيفة (حامض قرين قوي) تتفاعل مع أيونات  $\text{OH}^-$  وبذلك تنقص أيونات  $\text{OH}^-$  وسيصبح هناك فائض في أيونات  $\text{H}^+$  ويصبح المحلول حامضي.

#### علل 7 / الاملاح المشتقة من حامض قوي وقاعدة ضعيفة املاح حامضية؟

ج / بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات  $\text{OH}^-$  في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في أيونات  $\text{H}^+$  فتظهر الصفة الحامضية

#### علل 8/ عند ذوبان ملح كلوريد البيريديوم $\text{C}_5\text{H}_5\text{NHCl}$ تقل قيمة PH؟

ج/ واجب

قوانين التحلل المائي للملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي.

$K_h = \frac{K_w}{K_b}$	$\text{PK}_h = \text{PK}_w - \text{PK}_b$
$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}}$	$K_h = \frac{[\text{H}^+]^2}{C}$
$\text{PH} = \frac{1}{2} [\text{PK}_w - \text{PK}_b - \text{Log } C]$	

### الحالات التي نعرف فيها ان هذا الملح حامضي.

1. من الصيغة الكيميائية له او من اسمه وخاصة ان بدأ بهذه الاسماء نترات - كبريتات - كلوريد - بروميد - كرومات وغالبا ينتهي بهذه الاسماء الامونيوم - البيريديوم - الانيلين .
2. حينما يقول له PH اقل من 7 فانه ملح حامضي او  $\text{POH}$  اكبر من 7 .
3. اذا كانت  $[\text{H}^+] < 10^{-7}$  فانه ملح حامضي .
4. حينما يعطي في السؤال قيمة  $K_b$  فانه سؤال يخص ملح حامضي .

تابعونا على التليكرام  
@iQRES







## امثلة وتمارين النوع الثاني من الاملاح

**مثال 12-3** أحسب قيمة  $P_H$  لملح كلوريد الامونيوم  $NH_4Cl$  تركيزه  $0.2M$  علما ان ثابت تفكك الامونيا  $= 1.8 \times 10^{-5}$  علما ان  $\log 2 = 0.3$  .  $\log 1.8 = 0.26$   
الحل / الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة يحسب له  $P_H$  من العلاقة التالية

$$P_H = \frac{1}{2} [PK_w - PK_b - \log C]$$

$$PK_w = 14$$

$$PK_b = -\log K_b$$

$$PK_b = -(\log 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PK_b = -(\log 1.8 + \log 10^{-5})$$

$$PK_b = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$\log C = \log 0.2 = \log 2 \times 10^{-1}$$

$$= (\log 2 + \log 10^{-1})$$

$$= 0.3 - 1 = -0.7$$

$$P_H = \frac{1}{2} [14 - 4.74 + 0.7] = 4.98$$

**تمرين 11-3** أحسب قيمة  $POH$  لملح نترات الامونيوم  $NH_4NO_3$  تركيزه  $0.5M$  علما ان  $PK_b NH_3 = 4.74$   $\log 5 = 0.7$

الحل / الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة يحسب له  $P_H$  من العلاقة التالية

$$P_H = \frac{1}{2} [PK_w - PK_b - \log C]$$

$$PK_w = 14$$

$$PK_b = 4.74 \text{ معطى}$$

$$\log C = \log 0.5 = \log 5 \times 10^{-1}$$

$$= (\log 5 + \log 10^{-1})$$

$$= 0.7 - 1 = -0.3$$

$$P_H = \frac{1}{2} [14 - 4.74 + 0.3] = 4.78$$

$$P_H + POH = 14$$

$$POH = 14 - P_H$$

$$POH = 14 - 4.78 = 9.22$$

**مثال اضافي 15** ما عدد مولات  $NH_4Cl$  في نصف لتر من الماء المقطر كي تصبح  $P_H = 5$  علما ان ثابت تفكك الامونيا  $= 1.8 \times 10^{-5}$  علما ان  $\log 2 = 0.3$  .  $\log 1.8 = 0.26$

الحل / بما ان  $P_H > 7$  المحلول حامضي

$$H = 10^{-P_H} = 10^{-5} M$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}} \quad \longrightarrow \quad 10^{-5} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-2}}} \quad \text{نربع الطرفين}$$

$$10^{-10} = \frac{10^{-14} \times C}{1.8 \times 10^{-5}} \quad \longrightarrow \quad C = \frac{10^{-10} \times 1.8 \times 10^{-5}}{10^{-14}} = 1.8 \times 10^{-1} = 0.18M = \text{تركيز الملح}$$

$$M = \frac{n}{V(L)} \quad \longrightarrow \quad n = M \times V(L) = 0.18 \times 0.5 = 0.09 \text{ mol}$$





اسئلة الفصل الخاصة بالتمذوب

سؤال 3-3 في المحاليل الاتية هل يكون المحلول حامضي او قاعدي او متعادل ولماذا؟

محلول حامضي لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة.



محلول متعادل لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.



محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.



محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.



محلول متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.



محلول متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.



(2)  $0.25\text{M}$  نترات الامونيوم.  $\text{Kb} = 1.8 \times 10^{-5}$

$\text{Log } 2.5 = 0.4, \text{Log } 1.8 = 0.26$

$\sqrt{1.39} = 1.18$

الجواب / اولاً حساب PH

الملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي وعليه

$\text{PH} = \frac{1}{2} [\text{PKw} - \text{PKb} - \text{Log } C]$

$\text{PKw} = 14$

$\text{PKb} = -\text{Log } \text{Kb} = -(\text{log } 1.8 \times 10^{-5}) = -(\text{Log } 1.8 + \text{Log } 10^{-5}) = -(0.26 - 5) = 4.74$

$\text{Log } C = \text{Log } 0.25 = \text{Log } 2.5 \times 10^{-1} = (\text{Log } 2.5 + \text{Log } 10^{-1}) = (0.4 - 1) = -0.6$

$\text{PH} = \frac{1}{2} [14 - 4.74 + 0.6] = \frac{9.86}{2} = 4.93$

ثانياً / لإيجاد  $[\text{OH}^-]$  نجد أولاً  $[\text{H}^+]$  ومن ثم  $[\text{OH}^-]$

$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{\text{Kw} \times C}{\text{Kb}}}$

$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 2.5 \times 10^{-1}}{1.8 \times 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{-15}}{1.8 \times 10^{-5}}}$

$[\text{H}^+] = \sqrt{1.39 \times 10^{-10}} = 1.18 \times 10^{-5} \text{M}$

$[\text{OH}^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.18 \times 10^{-5}} = 8.5 \times 10^{-10} \text{M}$

سؤال (3-16) أحسب قيمة PH و لمحاليل

الاملاح الاتية ؟  $\text{OH}^-$

(1)  $0.1\text{M}$  سيانيد الصوديوم  $\text{NaCN}$

$\text{Ka} = 4.9 \times 10^{-10}, \text{Log } 4.9 = 0.7$

$\sqrt{2.04} = 1.43$

الجواب / اولاً : حساب PH

الملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف وعليه

$\text{PH} = \frac{1}{2} [\text{PKw} + \text{PKa} + \text{Log } C]$

$\text{PKw} = 14$

$\text{PKa} = -\text{Log } \text{Ka} = -(\text{log } 4.9 \times 10^{-10}) = -(\text{Log } 4.9 + \text{Log } 10^{-10}) = -(0.7 - 10) = 9.3$

$\text{Log } C = \text{Log } 0.1 = \text{Log } 10^{-1} = -1$

$\text{PH} = \frac{1}{2} [14 + 9.3 - 1] = \frac{23.3}{2} = 11.15$

ثانياً : حساب  $[\text{OH}^-]$  من هذا القانون

$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{\text{Kw} \times C}{\text{Ka}}}$

$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 10^{-1}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-16}}{4.9 \times 10^{-10}}}$

$[\text{OH}^-] = \sqrt{2.04 \times 10^{-6}} = 1.43 \times 10^{-3} \text{M}$

(3)  $0.5\text{M}$  ملح نترات الصوديوم  $\text{NaNO}_3$

الجواب / الملح مشتق من قاعدة قوية وحامض قوي لذا لا يعاني اي تحليل مائي ويكون محلوله المائي متعادل

$\text{PH} = 7$  و  $[\text{OH}^-] = 10^{-7}$





مثال إضافي 17

احسب عدد غرامات فورمات البوتاسيوم  $\text{HCOOK}$  اللازم اضافتها الى 400ml من الماء المقطر لتصبح  $\text{PH} = 9$  ثم احسب عدد مولاته علما ان  $K_a = 2 \times 10^{-7}$  والكتلة المولية لفورمات البوتاسيوم 84 g/mol  
الحل / واجب للتأكد من صحة الحل  $n=0.0008$   $m=0.0672\text{g}$

مثال إضافي 16 ما عدد مولات وغرامات

ملح الكتلة المولية (53.5 g/mol) اللازم اضافتها الى 400ml لجعل  $\text{PH} = 5$  علما ان ثابت الالكتروليت الضعيف المشتق منه الملح  $2 \times 10^{-5}$

الحل / بما ان  $\text{PH} > 7$  المحلول حامضي  
اذا الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة  
اذا الثابت تابع للقاعدة الضعيفة.

$$K_b = 2 \times 10^{-5}$$

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{PH}}$$

$$[\text{H}] = 10^{-5}$$

$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_w \times C}{K_b}}$$

$$10^{-5} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-5}}}$$

$$10^{-5} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-15} \times C}{2 \times 10^{-5}}}$$

$$10^{-5} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times C}$$

نربع الطرفين

$$10^{-10} = 5 \times 10^{-10} \times C$$

$$C = \frac{1 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-10}}$$

$$C = 0.2 \text{ M}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = M \times V$$

نحول وحدة الحجم الى لتر

$$V(L) : 400 \text{ ml} \times \frac{1}{1000 \text{ ml}}$$

$$V = 0.4 \text{ L}$$

$$n = 0.2 \text{ mol/L} \times 0.4 \text{ L} = 0.08 \text{ mol}$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$m = n \times M$$

$$m = 0.08 \text{ mol} \times 53.5 \text{ g/mol}$$

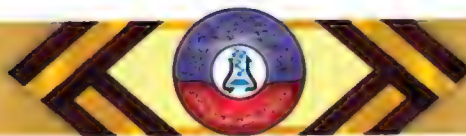
$$m = 4.28 \text{ g}$$

مثال إضافي 18 احسب ثابت التحلل المائي

$K_h$  لملح فيه  $\text{PH} = 4.5$  وتركيزه 0.5M  
الحل / واجب للتأكد من صحة الحل الناتج  $K_h = 2 \times 10^{-9}$

يحل في دفتر الواجبات





## 3-7 تأثير الايون المشترك

هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف والناجمة من اضافة الكتروليت قوي يحوي احد ايونات الالكتروليت الضعيف في نفس المحلول.

## ملاحظات عن الايون المشترك.

- فكرة الايون المشترك هي محلول مائي يحوي مذيبي أحدهما الالكتروليت الضعيف والاخر الكتروليت قوي يحوي ايون يشترك به مع الالكتروليت الضعيف لكن ليس  $[H^+]$  او  $[OH^-]$ .
- سوف نقتصر في دراستنا للايون المشترك على نوعين هما
  - 1- المركب الاساسي حامض ضعيف يضاف اليه احد املاحه.
  - 2- المركب الاساسي قاعدة ضعيفة يضاف اليها احد املاحها.
- ان اضافة الالكتروليت القوي ستؤدي الى زيادة في تركيز الايون المشترك بين الالكتروليتين لذا سيؤدي الى حدوث خلل في عملية الاتزان وسيقل تركيز  $[H^+]$  و  $[OH^-]$ .

## خطوات حل مسائل الأيون المشترك.

- 1- نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف (حامض او قاعدة) ونجد تركيز  $[H^+]$  او  $[OH^-]$  اذا طلب ما التأثير على تركيزهما او نجد درجة التفكك او النسبة المئوية او  $PH$  او  $POH$  حسب منطق السائل.
- 2- بعد استخراج ((المطلوب)) نقوم بالخطوات التالية.
  - أ- نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف من جديد لكن بدل ما نفرض التغير في التراكيز  $(X)$  سنفرض  $(X')$ .
  - ب- نكتب بعد ذلك تفكك الالكتروليت القوي ويفضل ان يكون هناك ترتيب للمعادلتين بحيث يوضع الايون المشترك في المعادلتين أحدهما أسفل الاخر ( ان التفكك للالكتروليت القوي سيكون تام).

ملاحظة مهمة جدا بدل من الخطوات اعلاه في الخطوة الثانية خطوة اضافة الالكتروليت القوي ( ملح حامضي او قاعدي) يمكن الاستعانة بالقوانين التالية.

قاعدة ضعيفة اضيف اليها ملحها الحامضي يمكن الاستعانة بالقانون الاتي

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

حامض ضعيف اضيف اليه ملح القاعدي يمكن الاستعانة بالقانون الاتي

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

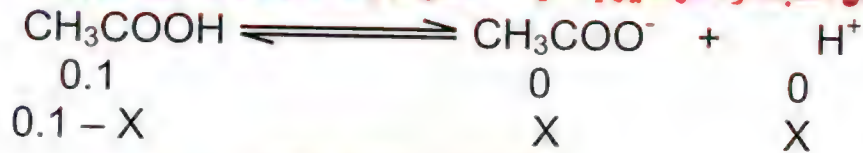
## ملاحظة بالعامية

نرا الحامض الضعيف ملحه قاعدي لانه متكون من حامض ضعيف وقاعدة قوية والقاعدة الضعيفة ملحها حامضي لانه متكون من قاعدة ضعيفة وحامض قوي



**مثال 13-3** ما التأثير الذي تحدثه إضافة 8.2 g (0.1 mol) من ملح خلات الصوديوم الى لتر من محلول حامض الخليك تركيزه 0.1 mol/L على تركيز ايون  $H^+$  عند حرارة  $25^\circ C$  علما ان  $K_a(CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$  للفائدة  $\sqrt{1.8} = 1.3$

الحل / نجد اولا تركيز  $[H^+]$  للحامض قبل اضافة خلات الصوديوم.



$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1 - X)} \rightarrow \text{يهمل}$$

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \rightarrow X = 1.3 \times 10^{-3} M = [H^+]$$

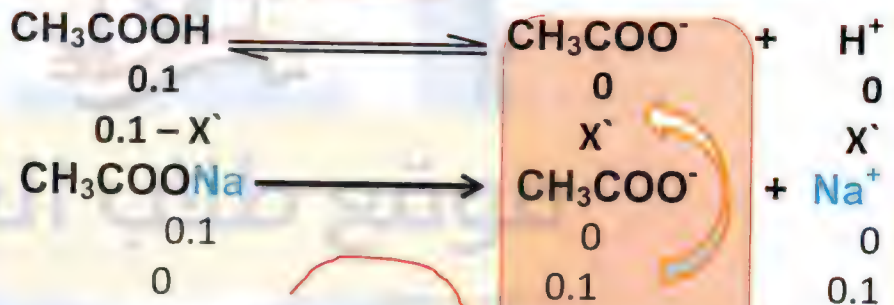
الان نحسب تركيز ايون  $H^+$  في محلول الحامض بعد اضافة خلات الصوديوم  
لان الحجم لترواحد  $M = n = 0.1 M$

حل اخر خطوة الثانية مقبول وزاري  
لان الحجم لترواحد  $M = n = 0.1 M$

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.1]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5}$$



$$K_a = \frac{(0.1 + X')X'}{(0.1 - X')} \rightarrow \text{يهمل}$$

$$\rightarrow X' = \frac{K_a \times 0.1}{0.1} = K_a = 1.8 \times 10^{-5} M = [H^+]$$

نلاحظ ان تركيز  $[H^+]$  قد انخفض بعد اضافة ملح خلات الصوديوم وهذا بسبب نقصان تفكك حامض الخليك

ملاحظات عن السؤال اعلاه والسؤال اللاحق.

1- ليس دائما التركيز الجديد = قيمة الثابت ( $K_a$ ) او ( $K_b$ ) فقط يساوي القيمة عندما يكون تركيز المضاف = تركيز الحامض او القاعدة الضعيفين.

2- لو تمت الاضافة الى اكثر من لتر فان تركيز المضاف يحسب اولا وفق قانون المولارية  $M = \frac{n}{V}$ .

3- من الممكن ان يطلب ما التأثير الذي تحدثه اضافة الملح على درجة التفكك او النسبة المئوية ويكون حل السؤال في نفس الخطوات لكن عند الوصول الى تركيز  $[H^+]$  او  $OH^-$  نطبق قانون الدرجة او النسبة المئوية قبل الاضافة وبعد الاضافة مع الانتباه الى ان التركيز الابتدائي هو نفسه في الحالتين ما يتغير هو التركيز عند الاتزان.

4- ليس شرط ان يعطي المضاف بعدد المولات او التركيز وانما يعطيه بالغرامات ويعطي له الكتلة المولية وعند ذلك لايجاد تركيزه نطبق

$$M = \frac{m(g)}{M(g/mol) \times V_L} \text{ القانون التالي}$$





**تمرين 12-3** ما التأثير الذي تحدثه إضافة ( $0.5\text{mol}$ ) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر من محلول الامونيا تركيزه  $0.1\text{ M}$  على درجة تفكك القاعدة علما ان  $K_b(\text{NH}_3) = 1.8 \times 10^{-5}$  للفائدة  $\sqrt{1.8} = 1.3$

**الحل /** نحسب درجة التفكك قبل اضافة الملح



$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1 - X)} \rightarrow \text{يهم}$$

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \rightarrow X = 1.3 \times 10^{-3} \text{ M} = [\text{OH}^-]$$

نحسب درجة التفكك بعد اضافة الملح

لان الحجم لتر واحد  $M = n = 0.5\text{ M}$

حل اخر خطوة الثانية مقبول وزاري  
في الحجم لتر واحد  $M = n = 0.5\text{ M}$

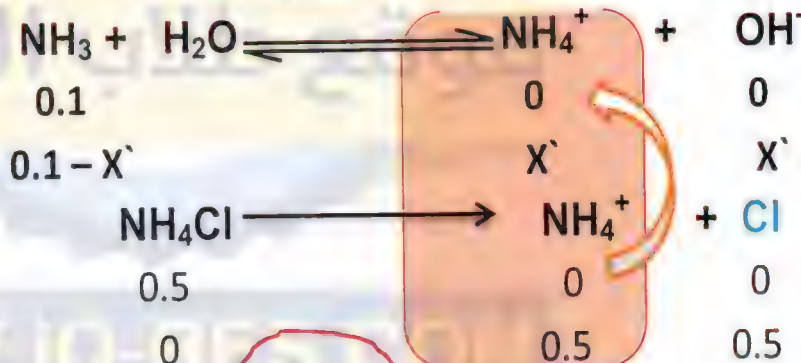
$$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{base}]}{[\text{salt}]}$$

$$[\text{OH}^-] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.5]}$$

$$[\text{OH}^-] = 3.6 \times 10^{-6}$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[\text{OH}^-] \text{ عند الاتزان}}{[\text{NH}_3] \text{ الابتدائي}}$$

$$= \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$



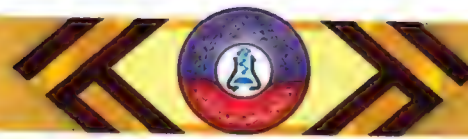
$$K_b = \frac{(0.5 + X')X'}{(0.1 - X')} \rightarrow \text{يهم}$$

$$X' = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.1}{0.5} = 3.6 \times 10^{-6} \text{ M} = [\text{H}^+]$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[\text{OH}^-] \text{ عند الاتزان}}{[\text{NH}_3] \text{ الابتدائي}} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان درجة تفكك القاعدة قد قد انخفضت بعد اضافة ملح كلوريد الامونيوم نتيجة نقص تركيز ايون الهيدروكسيد عند الاتزان





**مثال اضافي 19** ما هو التأثير الناتج من اضافة 6.5 g من ملح سيانيد البوتاسيوم KCN (65g / mol) الى 0.5L من حامض HCN تركيزه 0.2M علما ان  $K_a = 5 \times 10^{-10}$  على PH الحامض  $\log 5 = 0.7$

الحل / نحسب PH للحامض قبل اضافة الملح



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$

$$5 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2}$$

$$X^2 = 1 \times 10^{-10}$$

$$X = 1 \times 10^{-5} \text{ M} = [\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -\log \text{H}$$

$$\text{PH} = -\log 10^{-5} = 5$$

نحسب PH بعد اضافة الملح

نحسب اولاً تركيز الملح.

$$M(\text{KCN}) = \frac{6.5 \text{ g}}{65 \text{ g/mol} \times 0.5} = 0.2 \text{ M}$$

$$\text{PH} = \text{PKa} + \log \frac{[\text{salt}]}{[\text{acid}]}$$

$$\text{PKa} = -\log K_a$$

$$\text{PKa} = -\log 5 \times 10^{-10}$$

$$\text{PKa} = -(\log 5 + \log 10^{-10})$$

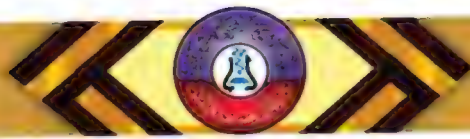
$$\text{PKa} = -(0.7 - 10) = 9.3$$

$$\text{PH} = \text{PKa} + \log \frac{[0.2]}{[0.2]}$$

$$\text{PH} = 9.3 + \log 1 = 9.3 + 0 = 9.3$$

نلاحظ ان قيمة PH قد زادت بوجود الايون المشترك والسبب انخفاض قيمة H نتيجة وجود الايون المشترك.





**مثال إضافي 20** ما هو التأثير الناتج من إضافة 0.2 mol من ملح بروميد الانيلسيوم  $C_6H_5NH_3Br$  إلى 400ml من الانيلين  $C_6H_5NH_2$  تركيزه 0.25M علما ان  $K_b = 4 \times 10^{-10}$  على  $PH$  القاعدة  $\log 4 = 0.6$

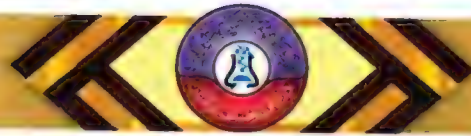
الحل / واجب للتأكد من صحة الحل الناتج  $PH$  قبل الإضافة = 9 بعد الإضافة = 4.3

موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM







### 3-8 المحاليل المنظمة (محلول بفر)

**محلول بفر :** محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة الاس الهيدروجيني PH عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي او قاعدة قوية.

**محلول بفر يكون نوعين**

1- حامض ضعيف وملحه وقانونه يكون بالصورة الآتية

$$PH = PK_a + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{acid}]}$$

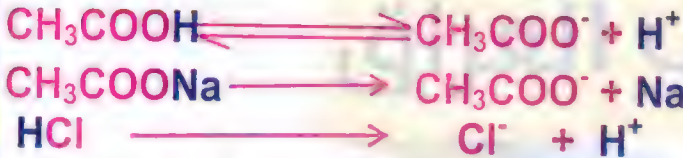
2- قاعدة ضعيفة وملحها وقانونها يكون بالصورة الآتية

$$POH = PK_a + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{base}]}$$

عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي الى الماء تزداد تراكيز  $H^+$  بينما لا تقل اضافة نفس الكمية من الحامض الى محلول بفر حامض وملحه (زيادة ملحوظة والسبب ان ايون  $H^+$  في محلول بفر لا يبقى حراً في المحلول حيث يتفاعل مع ايون الحامض الضعيف وبذلك لا تنخفض قيمة PH بل تبقى ثابتة.

### حالات محلول بفر

1) اضافة احمض القوي الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

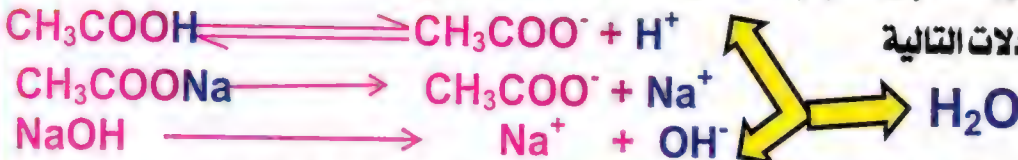


لاحظ المعادلات التالية

المؤثر هو **الحامض القوي** الذي يطلق ايونات  $H^+$  فيزداد تركيزها وبالتالي سيؤدي الى ترجيح التفاعل الخلفي حسب قاعدة لو شاتليه فيزداد تركيز الحامض ويقل تركيز الملح بمقدار الاضافة وسيكون القانون لهذه الحالة بالصورة التالية.

$$PH = PK_a + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] - [H^+]}{[\text{acid}] + [H^+]}$$

2) اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)



لاحظ المعادلات التالية

المؤثر هو القاعدة القوية التي تطلق ايونات  $OH^-$  وتتحد مع ايونات  $H^+$  الصادرة من الحامض الضعيف لانتاج الماء اي يقل تركيز  $[H^+]$  وحسب قاعدة لو شاتليه يترجح التفاعل الامامي فيقل تركيز الحامض ويزداد تركيز الملح بمقدار الاضافة

ويكون القانون كالآتي

$$PH = PK_a + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] + [OH^-]}{[\text{acid}] - [OH^-]}$$





(3) اضافة اكامض القوي الى محلول بفر ( قاعدة ضعيفت وملحها )



لاحظ المعادلات التالية



عند اضافة حامض  $\text{HCl}$  سوف يطلق ايونات  $[\text{H}^+]$  التي ستتفاعل مع ايونات الهيدروكسيد لتكوين الماء وبالتالي يقل تركيز  $[\text{OH}^-]$  ويترجع التفاعل الامامي للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] + [\text{H}^+]}{[\text{base}] - [\text{H}^+]}$$

(4) اضافة القاعدة القويّة الى محلول بفر ( قاعدة ضعيفت وملحها )



لاحظ المعادلات التالية

عند اضافة القاعدة سوف يطلق ايونات  $[\text{OH}^-]$  التي تؤدي الى زيادة في ايونات  $[\text{OH}^-]$  ويترجع التفاعل الخلفي للتعويض لزيادة الحاصلة حسب قاعدة لي شاتليه للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] - [\text{OH}^-]}{[\text{base}] + [\text{OH}^-]}$$

### خلاصة قوانين الايون المشترك وبفر

قاعدة ضعيفة وملحها	حامض ضعيف وملحه
$[\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{base}]}{[\text{salt}]}$	$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{[\text{acid}]}{[\text{salt}]}$
$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{base}]}$	$\text{PH} = \text{PK}_a + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{acid}]}$
اضافة حامض قوي الى هذا النوع	اضافة حامض قوي الى هذا النوع
$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] + [\text{H}^+]}{[\text{base}] - [\text{H}^+]}$	$\text{PH} = \text{PK}_a + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] - [\text{H}^+]}{[\text{acid}] + [\text{H}^+]}$
اضافة قاعدة قوية الى هذا النوع	اضافة قاعدة قوية الى هذا النوع
$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] - [\text{OH}^-]}{[\text{base}] + [\text{OH}^-]}$	$\text{PH} = \text{PK}_a + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] + [\text{OH}^-]}{[\text{acid}] - [\text{OH}^-]}$



الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر

**مثال 3-14** أحسب تراكيز  $H^+$  و PH لمحلول مكون من 0.1M حامض الخليك و 0.2M

خلات الصوديوم علما ان  $K_a = (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$  علما ان  $\text{Log } 9 = 0.954$

**الحل /** المحلول محلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وعليه

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.2]}$$

$$[H^+] = 0.9 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = 9 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$PH = -\text{Log } [H^+]$$

$$PH = -(\text{Log } 9 \times 10^{-6})$$

$$PH = -(\text{Log } 9 + \text{Log } 10^{-6})$$

$$PH = -(0.954 - 6) = 5.046$$

تكملة تمرين (3-13)

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$K_b = \frac{X^2}{(0.15 - X)}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.15 - X)}$$

$$X^2 = 0.27 \times 10^{-5}$$

$$X^2 = 2.7 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.6 \times 10^{-3} \text{ M} = [OH^-]$$

$$POH = -\text{Log } [OH^-]$$

$$POH = -(\text{Log } 1.6 \times 10^{-3})$$

$$POH = -(\text{Log } 1.6 + \text{Log } 10^{-3})$$

$$POH = -(0.2 - 3) = 2.8$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 2.8 = 11.2$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 11.2 - 8.96 = 2.24$$

المقارنة :- نلاحظ ان PH قلت بوجود الامونيا والملح الحامضي

لان الايون الموجب المائد للملح الحامضي  $NH_4Cl$  يتفاعل

مع ايونات  $OH^-$  تقل  $OH^-$  تزداد  $H^+$  تقل PH

**تمرين 3-13** احسب قيمة PH لمحلول

يحتوي  $NH_3$  بتركيز 0.15M و  $NH_4Cl$

بتركيز 0.3M وقارن النتيجة مع PH محلول

الامونيا ذو تركيز 0.15M

علما ان  $PK_b = 4.74$  ( $\text{Log } 1.6 = 0.2$ )

( $\text{Log } 2 = 0.3$ ) ( $\sqrt{2.7} = 1.6$ ) ( $\text{Log } 1.8 = 0.26$ )

**الحل /** المحلول الاول محلول بفر قاعدة ضعيفة وملحها

$$POH = PK_b + \text{Log } \frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log } \frac{[0.30]}{[0.15]}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log } 2$$

$$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH = 14 - 5.04 = 8.96$$

المحلول الثاني محلول الامونيا فقط.



$$0.15 \quad \quad \quad 0 \quad \quad 0$$

$$0.15 - X \quad \quad \quad X \quad \quad X$$

يجب حساب  $K_b$  اعتماد على  $PK_b$

$$K_b = 10^{-PK_b}$$

$$K_b = 10^{-4.74 + 5 - 5}$$

$$K_b = 10^{0.26} \times 10^{-5}$$

$$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$



**تمرين 14-3** ما تركيز حامض الخليك في

محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح

كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي

امونيا تركيز  $0.1M$  لتكن قيمة  $PH = 9$

$Log 1.8 = 0.26$  . ( $PK_b NH_3 = 4.74$ )

**الحل /** المحلول بفر من قاعدة ضعيفة وملحها

لذا يجب التحويل من  $PH$  الى  $POH$

$$PH + POH = 14$$

$$POH = 14 - PH$$

$$POH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$0.26 = Log \frac{[Salt]}{0.1}$$

$$Log 1.8 = Log \frac{[Salt]}{0.1}$$

$$[Salt] = 1.8 \times 0.1 = 0.18 \text{ mol/L}$$

ملاحظة مهمة  
بما ان المحلول يتكون  
من قاعدة وملحها  
الحامضي يتم  
التعامل مع  $POH$  و  
ليس  $PH$  لذا قمنا  
بعملية التحويل

**تمرين 14-3** ما تركيز حامض الخليك في

محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح

كلوريد الصوديوم بتركيز  $0.3M$  علما ان قيمة

$PH$  للمحلول تساوي  $4.31$  و  $Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

$Log 1.8 = 0.26$   $Log 0.37 = -0.43$

**الحل /** المحلول بفر من حامض ضعيف وملحها

$$PH = PK_a + Log \frac{[Salt]}{[acid]}$$

$$PK_a = - (Log Ka) = - (Log 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PK_a = - (Log 1.8 + Log 10^{-5})$$

$$PK_a = - (0.26 - 5) = 4.74$$

$$4.31 = 4.74 + Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$-0.43 = Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$Log 0.37 = Log \frac{0.3}{[acid]}$$

$$[acid] = \frac{0.3}{0.37} = 0.81$$

**السؤال 12-3** احسب كتلة ملح خلات الصوديوم ( $M = 82g/mol$ ) اللازم اضافتها الى لتر

واحد من محلول  $0.125M$  من حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة

$PH = 4.74$  علما ان  $PK_a = 4.74$

**الحل /** يمكن حساب التركيز المولاري للملح من هذه العلاقة

$$PH = PK_a + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = 4.74 + Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$4.74 - 4.74 = Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$Log 1 = Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$[salt] = 0.125 \times 1 = 0.125M$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$m_{(g)} = 0.125_{(mol/L)} \times 82_{(g/mol)} \times 1_{(L)} = 10.25 \text{ g}$$





**السؤال 18-3** أحسب كتلة كلوريد الامونيوم ( $M=53.5\text{g/mol}$ ) الواجب اضافتها الى 500

ml من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة  $\text{PH} = 9$  علما ان  $\text{Kb}(\text{NH}_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

$\text{Log } 1.8 = 0.26$

الحل/

$$\text{PK}_b = -(\text{Log } \text{K}_b)$$

$$\text{PK}_b = -(\text{Log } 1.8 \times 10^{-5})$$

$$\text{PK}_b = -(1.8 + \text{Log } 10^{-5})$$

$$\text{PK}_b = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{POH} = 14 - \text{PH}$$

$$\text{POH} = 14 - 9 = 5$$

$$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{acid}]}$$

$$5 = 4.74 + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[0.15]}$$

$$0.26 = \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[0.15]}$$

$$\text{Log } 1.8 = \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[0.15]}$$

$$[\text{salt}] = 0.15 \times 1.8 = 0.27\text{M}$$

$$\text{V(L)} = \frac{500 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/L}} = 0.5\text{L}$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m(\text{g}) = M(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) \times \text{V(L)}$$

$$m(\text{g}) = 0.27(\text{mol/L}) \times 53.5(\text{g/mol}) \times 0.5(\text{L}) = 7.22 \text{ g}$$

**السؤال (14-3)** اذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو  $\text{PH} = 9$  ناتج من مزج  $\text{NH}_3$  مع

$\text{NH}_4\text{Cl}$  كم يجب ان تكون النسبة بين  $\frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$  علما ان  $\text{PK}_b = 4.74$  علما ان  $\text{Log } 1.82 = 0.26$

الحل/ المحلول ناتج من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب ايجاد قيمة  $\text{POH}$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{POH} = 14 - \text{PH} = 14 - 9 = 5$$

$$\text{POH} = \text{PK}_b + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{base}]}$$

$$5 = 4.74 + \text{Log} \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]}$$

$$\text{Log} \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 5 - 4.74$$

$$\text{Log} \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = 0.26$$

$$\text{Log} \frac{[\text{NH}_4^+]}{[\text{NH}_3]} = \text{Log } 1.82$$







**مثال اضافي 21** ما عدد غرامات ومولات ملح سيانيد البوتاسيوم KCN ( $M=65\text{g/mol}$ )  
الواجب اضافتها الى 400ml من 0.2M حامض الهيدروسيانيك لجعل  $\text{POH} = 7.7$  علما  
ان  $\text{PKa} = 9.3$

واجب / للتأكد من الحل الجواب- 0.0052 g 0.00008mol

موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM

الطريق الى النجاح  
هو دائما  
"تحت الانشاء"

WWW.IQ-RES.COM



## الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر لثلاث مواد

**ملاحظة مهمة جدا :-** قبل الدخول الى مسائل اضافة الالكتروليت القوي الى الايون المشترك لتكوين المحلول المنظم من بفر تكون الاضافة 3 انواع.

1. **اضافة حجمية مولارية** حيث يعطى المضاف بحجم صغير جدا من 10ml - 1ml وتركيز كبير جدا (1M - 10M) هنا قبل البدء بتطبيق القانون المناسب يجب ايجاد التركيز الجديد للمضاف من خلال العلاقة

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

حجم بفر التركيز الجديد للمضاف = تركيز المضاف القوي قبل الاضافة تركيز المضاف القوي قبل الاضافة

**مهمة 1:** ان  $V_2$  هي بالحقيقة حجم المضاف + حجم بفر ولكن بما ان المضاف كمية قليلة جدا يهمل حجم المضاف ويعتبر  $V_2$  هو حجم بفر المعطى بالسؤال.

**مهمة 2:** يجب ان يكون  $V_1$  و  $V_2$  بنفس الوحدة وانا كانتا مختلفتان بالوحدة يمكن تحويل اي منهما الى وحدة ml او L ويفضل بوحدة ال ml

2. **اضافة غرامية** حيث يعطى المضاف بوحدة g وتعطى الكتلة المولية له وحجم بفر بالسؤال هنا قبل البدء بتطبيق قانون بفر يجب ايجاد التركيز للمضاف من خلال العلاقة

$$M = \frac{m_{\text{المضاف}}}{M_{\text{المضاف}} \times V_{(L)} \text{ بفر}}$$

3. **اضافة مولية** حيث يعطى المضاف بوحدة mol قبل البدء بتطبيق قانون بفر يجب ايجاد التركيز للمضاف من خلال العلاقة.

$$M = \frac{n_{\text{المضاف}}}{V_{(L)} \text{ بفر}}$$

واحيانا يعطى المضاف بوحدة **مولاري صغير** ولا يعطى **حجم** له يطبق هذه الرقم مباشرة في القانون المناسب.

**انتبه :-** تأكد ان المضاف القوي احادي او ثنائي لانه اذا كان ثنائي لايجاد تركيز  $[H^+]$  او  $[OH^-]$  نضرب تركيز الالكتروليت القوي الذي استخرجناه  $\times 2$  لان الذي يعوض القوانين هو تراكيز  $[H^+]$  او  $[OH^-]$  وليس تركيز الحامض او القاعدة.





**مثال 3-16** أحسب قيمة PH بعد إضافة 1ml من حامض HCl تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك تركيزه 0.1M وخلات الصوديوم تركيزها 0.1M

علما ان  $PKa = 4.74$   $Log 8.1 = 0.91$

الحل / ان المضاف هو حامض الهيدروكلوريك يحسب له التركيز الجديد بعد الإضافة

$$V_2 = 1L \times 1000 ml/L = 1000 ml$$

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$M_2 = \frac{V_1 M_1}{V_2} = \frac{1ml \times 10M}{1000 ml} = 0.01 = [H^+]$$

من معلومات السؤال هذا النوع هو اضافة حامض قوي لمحلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وقانونه بالصورة التالية

$$PH = PKa + Log \frac{[Salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]}$$

$$PH = 4.74 + Log \frac{(0.10) - (0.01)}{(0.10) + (0.01)}$$

$$PH = 4.74 + Log \frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74 + Log 0.81$$

$$PH = 4.74 + Log 8.1 \times 10^{-1}$$

$$PH = 4.74 + (Log 8.1 + Log 10^{-1})$$

$$PH = 4.74 + (0.91 - 1)$$

$$PH = 4.74 - (0.09) = 4.65$$

خطوات حل هذا نوع من المسائل.

(1) ان حجم الحامض القوي او القاعدة القوية المضاف سيتغير وبالتالي سيتغير تركيزهما وعليه يجب إيجاد التركيز الجديد بعد الاضافة باستخدام هذه العلاقة

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

بعد الاضافة      قبل الاضافة

(2) المفروض ان  $V_2 =$  حجم الحامض+ حجم محلول بفر ولكن اذا كان حجم المضاف صغير جدا

من 1ml الى 5ml فتهمل هذه الاضافة ويكون  $V_2$  هو نفسه حجم المحلول.

(3) بعد الانتهاء من إيجاد تركيز المضاف نحدد اي نوع من الانواع الاربعة ونطبق له القانون المناسب.

(4) الحامض او القاعدة المضاف تركيزهما الجديد هو من سيعوض مكان  $[H^+]$  او  $[OH^-]$  في القانون المناسب.

WWW.IQ-RES.COM

# Chemistry



WWW.IQ-RES.COM



@iQRES



/iQRES

موقع طلاب العراق



المركز التسويقي

156

ملازم دار الغرب



تمرين (3-15) احسب قيمة PH

(أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M  
(ب) لنفس المحلول لكن بعد اضافة 1ml من  $H_2SO_4$  تركيز 10 M ثم احسب التغير في PH وناقش النتيجة علما ان  $PK_b = 4.74$   $Log 1.5 = 0.18$

(أ) الحل / المحلول مكون من قاعدة ضعيفة وملحها وقانونه سيكون بالصورة التالية

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

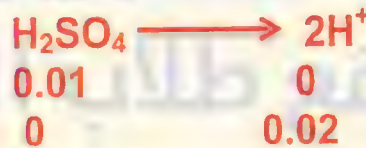
$$PH = 14 - 4.74 = 9.26$$

حل فرع ب) ان المضاف هو حامض الكبريتيك القوي وبحسب له التركيز بعد الاضافة

$$V_2 = 1L \times 1000 ml/L = 1000 ml$$

$$V_1 M_1 = V_2 M_2$$

$$M_2 = \frac{V_1 M_1}{V_2} = \frac{1ml \times 10M}{1000 ml} = 0.01 M [H_2SO_4]$$



$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{(0.1) + (0.02)}{(0.1) - (0.02)}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.12}{0.08}$$

$$POH = 4.74 + Log 1.5$$

$$POH = 4.74 + 0.18 = 4.92$$

$$PH = 14 - 4.92 = 9.08$$

$$\Delta PH = 9.08 - 9.26 = -0.18$$

المناقشة:- ان المؤثر هو الحامض الذي يطلق ايونات  $H^+$  فيتحد مع ايونات  $OH^-$  وبالتالي يقل تركيز  $OH^-$  يزداد تركيز  $H^+$  يقل PH لان العلاقة عكسية.

ملاحظة من نار :- قد ياتي السؤال اعلاه بهذه الصيغة الاتية احسب مقدار التغير في PH بعد اضافة 1ml من  $H_2SO_4$  تركيز 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من الامونيا وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M.

حل السؤال يكون ايضا بايجاد PH قبل الاضافة و PH بعد الاضافة اي الحل بنفس الخطوات

خل نحجها بالعامية في مسائل بفر من نشوف احسب مقدار التغير في PH نحل بفر ابو مادتين وبفر ابو 3 مواد.



**سؤال ( 3-13 ) أ- ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز  $\text{HNO}_2$  بتركيز  $0.12\text{M}$  ونترتيت الصوديوم  $\text{NaNO}_2$  بتركيز  $0.15\text{M}$  علما ان  $K_a = 4.5 \times 10^{-4}$  للفائدة (  $\text{Log} 1.84 = 0.265$  ) - (  $\text{Log} 1.25 = 0.1$  ) - (  $\text{Log} 4.5 = 0.65$  )**

**الحل / المحلول بفري ناتج من حامض ضعيف وملحه**

$$\text{PH} = \text{PKa} + \text{Log} \frac{[\text{salt}]}{[\text{acid}]}$$

$$\text{PKa} = -(\text{Log Ka})$$

$$\text{PKa} = -(\text{Log } 4.5 \times 10^{-4})$$

$$\text{PKa} = -(\text{Log } 4.5 + \text{Log } 10^{-4})$$

$$\text{PKa} = -(0.65 - 4) = 3.35$$

$$\text{PH} = 3.35 + \text{Log} \frac{[0.15]}{[0.12]}$$

$$\text{PH} = 3.35 + \text{Log } 1.25$$

$$\text{PH} = 3.35 + 0.1 = 3.45$$

**ب) أحسب قيمة PH المحلول الناتج بعد إضافة  $1.0\text{g}$  من هيدروكسيد الصوديوم  $\text{NaOH}$  كتله المولية  $40\text{g/mol}$  الى لتر واحد من محلول بفري اعلاه.**

$$M = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol}) \times V_L}$$

$$M = \frac{1m(\text{g})}{40(\text{g/mol}) \times 1_L} = 0.025 \text{ M}$$

**ان المضاف هو قاعدة قوية الى محلول بفري حامض ضعيف وملحه وعليه القانون سيكون**

$$\text{PH} = \text{PKa} + \text{Log} \frac{[\text{Salt}] + [\text{OH}^-]}{[\text{acid}] - [\text{OH}^-]}$$

$$\text{PH} = 3.35 + \text{Log} \frac{[0.15] + [0.025]}{[0.12] - [0.025]}$$

$$\text{PH} = 3.35 + \text{Log} \frac{(0.175)}{(0.095)}$$

$$\text{PH} = 3.35 + \text{Log } 1.84$$

$$\text{PH} = 3.350 + 0.265 = 3.615$$







**مثال اضافي 22** احسب مقدار التغير في PH محلول بفر مكون من حامض ضعيف (0.4M) وملحه (0.6M) بعد اضافة 0.1 mol من  $H_2CrO_4$  الى لتر من المحلول .

علما ان :  $\log 2 = 0.3$   $\log 3 = 0.47$   $PKa = 7.3$

الحل / اولا ايجاد PH قبل الاضافة

$$\begin{aligned} PH &= PKa + \log \frac{[Salt]}{[acid]} \\ PH &= 7.3 + \log \frac{0.6}{0.4} \\ PH &= 7.3 + \log \frac{0.6}{0.4} \\ PH &= 7.3 + \log \frac{3}{2} \\ PH &= 7.3 + (\log 3 - \log 2) \\ PH &= 7.3 + (0.47 - 0.30) \\ PH &= 7.3 + 0.17 \\ PH_1 &= 7.47 \end{aligned}$$

ثانيا ايجاد PH بعد الاضافة

لان الحجم لترواحد  $[H_2CrO_4] = n = 0.1M$   
 $[H^+] = 0.1 \times 2 = 0.2M$

وعليه

$$\begin{aligned} PH &= PKa + \log \frac{[Salt] - [H^+]}{[acid] + [H^+]} \\ PH &= 7.3 + \log \frac{0.6 - 0.2}{0.4 + 0.2} \\ PH &= 7.3 + \log \frac{0.4}{0.6} \\ PH &= 7.3 + \log \frac{2}{3} \\ PH &= 7.3 + (\log 2 - \log 3) \\ PH &= 7.3 + (0.30 - 0.47) \\ PH_2 &= 7.30 + (-0.17) = 7.13 \\ \Delta PH &= PH_2 - PH_1 \\ \Delta PH &= 7.13 - 7.47 \\ \Delta PH &= -0.34 \end{aligned}$$

المناقشة ان طلبت : نلاحظ ان PH قلت باضافة حامض  $H_2CrO_4$  لانه يعطي ايونات  $H^+$  التي

تتفاعل مع  $OH^-$  تقلل  $OH^-$  تزداد  $H^+$  وبذلك يقل PH.





**مثال اضافي 23** احسب مقدار التغير في PH محلول بفر مكون من قاعدة ضعيفة 0.2M وملحها 0.5M بعد اضافة 3.7 g من  $\text{Ca(OH)}_2$  ( $M = 74\text{g/mol}$ ) الى لتر من المحلول ؟  
 علما ان  $\text{PK}_b = 5.9$   $\text{Log}2 = 0.3$   $\text{Log}3 = 0.47$   $\text{log}5 = 0.7$   $\text{log}4 = 0.6$   
 واجب / للتأكد من الحل الجواب  $\Delta\text{PH} = 0.27$

موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM

تابعونا على التلي كرام

@iQRES



**مثال اضافي 24** ما عدد مولات هيدروكسيد الباريوم  $Ba(OH)_2$  اللازم اضافتها الى لتر من محلول قاعدة ضعيفة (0.2M) وملحها (0.6M) لتصبح قيمة  $PH = 8.07$

علمنا ان  $\log \frac{1}{3} = 0.47$   $\log 4 = 0.6$   $K_b = 4 \times 10^{-7}$

الحل / المحلول بفر لثلاث مواد من قاعدة ضعيفة وملحها والمضاف قاعدة قوية

$$POH = PK_b + \log \frac{[salt] - [OH^-]}{[salt] - [OH^-]}$$

$$PH + POH = 14$$

$$POH = 14 - PH$$

$$POH = 14 - 8.7 = 5.93$$

$$PK_b = -\log K_b$$

$$PK_b = -(\log 4 \times 10^{-7})$$

$$PK_b = (\log 4 + \log 10^{-7})$$

$$PK_b = -(0.6 - 7) = 6.4$$

$$5.93 = 6.40 + \log \frac{0.6 - X}{0.2 + X}$$

$$5.93 - 6.40 = \log \frac{0.6 - X}{0.2 + X}$$

$$-0.47 = \log \frac{0.6 - X}{0.2 + X}$$

$$\log \frac{1}{3} = \log \frac{0.6 - X}{0.2 + X}$$

$$0.2 + X = 1.8 - 3X$$

$$4X = 1.6$$

$$X = \frac{1.6}{4} = 0.4 \text{ M} = [OH^-]$$

$$Ba(OH)_2 = \frac{0.4}{2} = 0.2 \text{ M}$$

$$n Ba(OH)_2 = 0.2 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 0.2 \text{ mol}$$

ملاحظة كثر  
انتبه جيدا انتبه مرة اخرى  
من يريد تركيز قاعدة قوية  
ثنائية وحاصل تركيز  $OH^-$   
السا في ضرب 2  
في 2 اما من حسنا تركيز  
القاعدة الضعيفة الثنائية ونريد  
تركيز ال  $OH^-$  بهي الحالة  
نضرب في 2







**مثال اضافي 25** ما هي كتلة حامض  $H_2SO_4$  ( $M = 98 \text{ g/mol}$ ) اللازم اضافتها الى 600 ml من محلول بفر مكون من حامض ضعيف (0.4M) وملحه (0.8M) لتصبح  $PH = 7.3$  علما ان  $\log 5 = 0.7$  و  $K_a = 5.10^{-8}$   
 واجب / للتأكد من الحل الجواب 5.88g

موقع طلاب العراق

WWW.IQ-RES.COM



WWW.IQ-RES.COM



IQRES

مناسبا على التلميذ كرام

موقع طلاب العراق





## التخفيف او ما يعرف بالإضافة او المزج

ملاحظات عن التخفيف او ما يعرف بالتخفيف.

هناك 3 انواع في المنهاج تخص التخفيف او المزج وهي

أ- النوع الاول اضافة حامض او قاعدة قويين او ضعيفين الى حجم معين من الماء.

خطوات حل النوع الاول.

1- نحسب  $V_2$  وهو حجم الحامض او القاعدة + حجم الماء ولكن ان كان المضاف حجم قليل جدا فنعتبر حجم الماء هو  $V_2$

2- نطبق قانون التخفيف المعروف (بعد الاضافة)  $V_1 M_1 = V_2 M_2$  (قبل الاضافة)

بعد ايجاد التركيز الجديد للالكتروليت المعطى بالسؤال نجد المطلوب من السؤال بالخطوات السابقة المعروفة للالكتروليت.

ب- النوع الثاني اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية.

خطوات حل النوع الثاني.

1- نحسب  $V_2$  بعد الاضافة وبالصورة التالية

$$V_2 = V_{\text{قاعدة}} + V_{\text{حامض}}$$

سيكون لدينا تركيز الحامض الجديد  $M_2 V_2 = M_1 V_1$  (الحامض المعطى في السؤال)

سيكون لدينا تركيز القاعدة الجديد  $M_2 V_2 = M_1 V_1$  (القاعدة المعطى في السؤال)

2- بعد حساب التراكيز الجديدة لكل من الحامض القاعدة نكتب معادلة تفكك الحامض والقاعدة ومنهما نستخرج تراكيز ال  $[H^+]$  و  $[OH^-]$  وننقص التركيز الاكبر من التركيز الأصغر.

3- اذا كان ال  $[OH^-]$  هو الاكبر نحسب ال POH ومنه ال PH علما ان الحساب يكون للمتبقى من  $[OH^-]$  اما اذا كان ال  $[H^+]$  هو الاكبر نحسب ال PH والحساب يكون للمتبقى من  $[H^+]$ .

اذا كانت التراكيز متساوية نقول المحلول متعادل و  $PH=7$  وينتهي حل السؤال

ج- النوع الثالث اضافة الكتروليت ضعيف (حامض او قاعدة) الى الكتروليت قوي (حامض او قاعدة)

خطوات حل النوع الثالث.

1- نحسب  $V_2$  بعد الاضافة وبالصورة التالية

$$V_2 = V_{\text{قاعدة}} + V_{\text{حامض}}$$

سيكون لدينا تركيز الحامض الجديد  $M_2 V_2 = M_1 V_1$  (الحامض المعطى في السؤال)

سيكون لدينا تركيز القاعدة الجديد  $M_2 V_2 = M_1 V_1$  (القاعدة المعطى في السؤال)

2- بعد حساب التراكيز الجديدة نقارن بينهما

أ- اذا كانت متساوية سيتكون لدينا ملح تابع للالكتروليت الضعيف وتراكيز الحامض والقاعدة ستختفي نهائيا وبذلك سنطبق قانون التمدوب المناسب حيث سيكون تركيز الملح الالكتروليتي C مساوي لتركيز الحامض او القاعدة ويفضل كتابه معادلة.

ب- اذا كانت مختلفة وسيكون في منهاجنا دائما الالكتروليت الضعيف هو الاكبر سيختفي تركيز الالكتروليت القوي نهائيا وسيصبح لدينا محلول مكون من ملح تابع للالكتروليت الضعيف (تركيزه مساوي لتركيز الالكتروليت القوي) والمتبقى من (تركيز الالكتروليت الضعيف) اي محلول بفر لمادتين حامض ضعيف وملحه او قاعدة ضعيفة وملحها



حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الاول / اضافة حامض او قاعدة الى ماء

سؤال 2-3 جد مقدار التغيير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل التالية

1mL من NaOH تركيزه 10 M

1mL من HCl تركيزه 10 M

الحل /

الحل /

بما ان الاضافة الى الماء اذا PH = 7

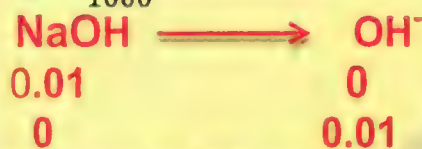
بما ان الاضافة الى الماء اذا PH = 7

$$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000 \text{ ml/L} = 1000 \text{ mL}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01 \text{ M}$$



$$[\text{OH}] = 0.01 \text{ M} = 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{POH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

$$\text{POH} = -\text{Log} 10^{-2}$$

$$\text{POH} = 2$$

$$\text{PH} + \text{POH} = 14$$

$$\text{PH} = 14 - \text{POH} \longrightarrow \text{PH} = 14 - 2 = 12$$

$$\Delta \text{PH} = \text{PH}_2 - \text{PH}_1$$

$$\Delta \text{PH} = 12 - 7$$

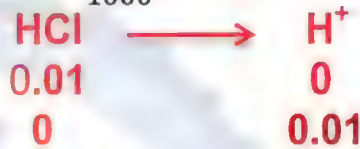
$$\Delta \text{PH} = 5$$

$$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000 \text{ ml/L} = 1000 \text{ mL}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01 \text{ M}$$



$$[\text{H}^+] = 0.01 \text{ M} = 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{PH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -\text{Log} 10^{-2}$$

$$\text{PH} = 2$$

$$\Delta \text{PH} = \text{PH}_2 - \text{PH}_1$$

$$\Delta \text{PH} = 2 - 7$$

$$\Delta \text{PH} = -5$$

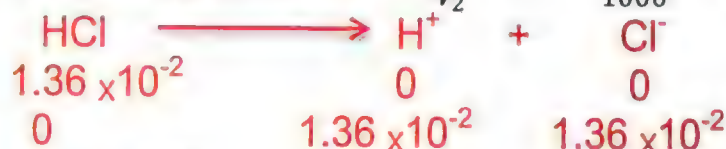
سؤال 28-3 احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1ml من 13.6M من

حامض HCl الى لتر من الماء. علما ان  $\text{Log} 1.36 = 0.133$

الحل / بما انه تم تخفيف الحامض يحسب له التركيز الجديد

$$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000 \text{ ml/L} = 1000 \text{ mL}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2 \longrightarrow M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2} = \frac{13.6 \times 1}{1000} = 0.0136 = 1.36 \times 10^{-2} \text{ M}$$



$$\text{PH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -(\text{Log} 1.36 \times 10^{-2})$$

$$\text{PH} = -(\text{Log} 1.36 + \text{Log} 10^{-2})$$

$$\text{PH} = -(0.133 - 2) = 1.867$$



الاثرائيات الخاصة بالنوع الاول / اضافة حامض او قاعدة الى ماء

مثال اضافي 27 احسب التغير في PH الماء

بعد اضافة حامض الخليك تركيزه 4M وحجمه 5ml الى 1L من الماء المقطر

$$K_a = 2 \times 10^{-5}$$

واجب / للتأكد من الحل الجواب  $\Delta PH = -3.78$

مثال اضافي 26 احسب التغير في PH الماء

بعد اضافة محلول امونيا تركيزه 2M وحجمه 100ml الى 0.9L من الماء المقطر

$$K_b = 2 \times 10^{-5}$$

الحل /

بما ان الاضافة الى الماء اذا  $PH_1 = 7$

$$V_{(NH_3)} = 0.9L \times 1000 \text{ ml/L} = 900 \text{ mL}$$

$$V_2 = V_{(H_2O)} + V_{(NH_3)}$$

$$V_2 = 900 + 100 = 1000 \text{ ml}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{2 \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} = 0.2 \text{ M}$$



$$0.2 \quad \quad \quad 0 \quad \quad 0$$

$$0.2 - X \quad \quad \quad X \quad \quad X$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$2 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.2}$$

$$X^2 = (2 \times 10^{-5})(2 \times 10^{-1})$$

$$X^2 = (4 \times 10^{-6}) \text{ نأخذ الجذر التربيعي}$$

$$X = 2 \times 10^{-3} \text{ M} = [OH^-]$$

$$POH = - \log OH^-$$

$$POH = - (\log 2 \times 10^{-3})$$

$$POH = -(\log 2 + \log 10^{-3})$$

$$POH = - (0.3 - 3) = 2.7$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH_2 = 14 - 2.7 = 11.3$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 11.3 - 7$$

$$\Delta PH = 4.3$$



حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الثاني / اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية

سؤال 3-6 ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

2- 15ml من NaOH تركيزه 0.1M

الحل / نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$$

$$V_2 = 10ml + 15ml = 25ml$$

$$M_1 V_1 (HCl) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (HCl) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 M \times 10 mL}{25 mL} = 0.04M = [H^+]$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$$M_1 V_1 (NaOH) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (NaOH) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 M \times 15 mL}{25 mL} = 0.06M = [OH^-]$$

نلاحظ ان تركيز القاعدة اكبر من تركيز الحامض وعليه يكون المحلول قاعدي ويحسب له PH بعد حساب المتبقى من تركيز OH<sup>-</sup> حيث

$$[OH^-] = [OH^-] - [H^+]$$

$$[OH^-] = 0.06 - 0.04 = 0.02M$$

$$POH = - \log [OH^-]$$

$$POH = - \log 0.02$$

$$POH = - \log 2 \times 10^{-2}$$

$$POH = - (\log 2 + \log 10^{-2})$$

$$POH = - (0.3 - 2)$$

$$POH = 1.7$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 1.7 = 12.3$$

1- 10ml من NaOH تركيزه 0.1M

الحل / نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$$

$$V_2 = 10ml + 10ml = 20ml$$

$$M_1 V_1 (HCl) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (HCl) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 M \times 10 mL}{20 mL} = 0.05M = [H^+]$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

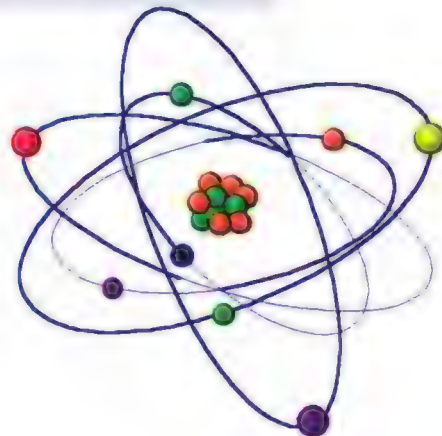
$$M_1 V_1 (NaOH) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (NaOH) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 M \times 10 mL}{20 mL} = 0.05M = [OH^-]$$

بما ان الحامض قوي والقاعدة قوية وبعد التخفيف اصبحا بنفس التركيز هذا يعني ان المحلول متعادل ان قيمة

$$PH = 7$$





**سؤال (24-3)** أحسب قيمة PH لمحلول ناتج من مزج 26 mL من 0.2M من هيدروكسيد الصوديوم مع 50mL من 0.1M من حامض HCl ؟  $\text{Log} 5 = 0.7$  **الحل/**

$$V_2 = V_{\text{(حامض)}} + V_{\text{(قاعدة)}}$$

$$= 50 + 26 = 76 \text{ mL}$$

نحسب التركيز الجديد للحامض

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 \times 50}{76} = \frac{5}{76} = 0.066 \text{ M}$$

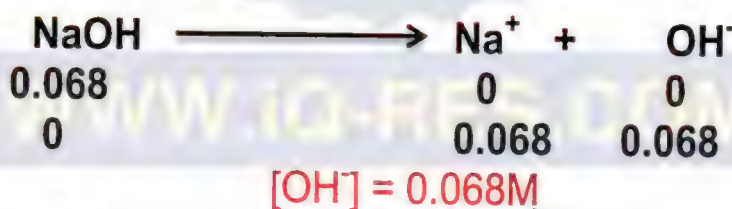
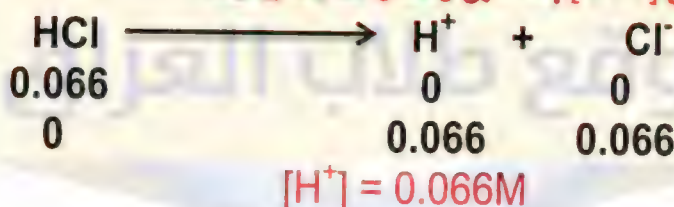
نحسب التركيز الجديد للقاعدة

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.2 \times 26}{76} = \frac{5.2}{76} = 0.068 \text{ M}$$

الآن نقوم بحساب تراكيز ال  $[H^+]$  وال  $[OH^-]$  بعد المزج ونعمل مقارنة بينهما.



$$[OH^-]_{\text{المتبقي}} = [OH^-] - [H^+]$$

$$[OH^-]_{\text{المتبقي}} = 0.068 - 0.066 = 0.002 = 2 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[2 \times 10^{-3}]} = \frac{10 \times 10^{-15}}{[2 \times 10^{-3}]} = 5 \times 10^{-12} \text{ M}$$

$$PH = -\text{Log} [H^+]$$

$$PH = -(\text{Log } 5 \times 10^{-12})$$

$$PH = -(\text{Log } 5 + \text{Log } 10^{-12})$$

$$PH = -(0.7 - 12) = 11.3$$



الاثرائيات الخاصة بالنوع الثاني / اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية

مثال اضافي 28 احسب PH لمحلول ناتج من اضافة 20ml من حامض HCl تركيزه 0.3M الى 20ml من  $\text{Ca(OH)}_2$  تركيزه 0.2M؟  
علما ان  $\text{Log} 2 = 0.3$   
الحل / واجب والناتج سيكون كالاتي  $\text{PH} = 12.7$

مثال اضافي 28 احسب PH لمحلول ناتج من اضافة 15ml من حامض  $\text{H}_2\text{CrO}_4$  تركيزه 0.2M الى 45ml من NaOH تركيزه 0.1M؟  
 $\text{Log} 2 - 5 = 0.4$   
الحل /

$$V_2 = V(\text{H}_2\text{CrO}_4) + V \text{ NaOH}$$

$$V_2 = 45 + 15$$

$$V_2 = 60 \text{ ml}$$

نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$$M_1 V_1 (\text{H}_2\text{CrO}_4) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (\text{H}_2\text{CrO}_4) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{0.2 \text{ M} \times 15 \text{ ml}}{60 \text{ ml}}$$

$$M_2 = \frac{3}{60 \text{ mL}} = 0.05 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 0.05 \times 2 = 0.1 \text{ M}$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$$M_1 V_1 (\text{NaOH}) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 \text{ NaOH) بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{0.1 \text{ M} \times 45 \text{ ml}}{60 \text{ ml}}$$

$$M_2 = \frac{45}{600} = 0.075 \text{ M}$$

$$[\text{H}^+] = 0.1 - 0.075$$

$$[\text{H}^+] = 0.100 - 0.075 = 0.025 = 2.5 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{PH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -(\text{Log } 2.5 \times 10^{-2})$$

$$\text{PH} = -(\text{Log } 2.5 + \text{Log } 10^{-2})$$

$$\text{PH} = -(0.4 - 2) = 1.6$$

تعلمت من طبيعة الروابط الكيميائية ان بعض الروابط التي تجمعنا مع الاصدقاء اما ان تكون روابط قوية صامدة طال الزمن او قصر والبعض روابط ضعيفة ما ان تتدخل عوامل خارجية الا وتفصلها عن بعض





حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الثالث / اضافة الكتروليت ضعيف الى الكتروليت قوي

سؤال 3-6 ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

1- 10ml من NH<sub>3</sub> تركيزه 0.1M

2- 15ml من NH<sub>3</sub> تركيزه 0.1M

$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$  Log1.8 = 0.26 Log5 = 0.7

$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$  Log1.8 = 0.26 Log2 = 0.3

الحل / نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

الحل / نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 10ml = 20ml$

$V_2 = 10ml + 15ml = 25ml$

$M_1V_1(HCl) \text{ قبل الاضافة} = M_2V_2(HCl) \text{ بعد الاضافة}$

$M_1V_1(HCl) \text{ قبل الاضافة} = M_2V_2(HCl) \text{ بعد الاضافة}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1 M \times 10 mL}{20 mL} = 0.05M$

$M_2 = \frac{0.1 M \times 10 mL}{25 mL} = 0.04M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_1(NH_3) \text{ قبل الاضافة} = M_2V_2(NH_3) \text{ بعد الاضافة}$

$M_1V_1(NH_3) \text{ قبل الاضافة} = M_2V_2(NH_3) \text{ بعد الاضافة}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1 M \times 10 mL}{20 mL} = 0.05M$

$M_2 = \frac{0.1 M \times 15 mL}{25 mL} = 0.06M$

نلاحظ ان تركيز الحامض القوي مساوية لتركيز القاعدة الضعيفة وعليه المحلول الناتج هو ملح حامضي فقط

نلاحظ ان تركيز القاعدة الضعيفة اكبر من تركيز الحامض القوي وعليه المحلول المتكون هو محلول بفر مكون الملح المتعادل والمتبقى من القاعدة الضعيفة



ينطبق عليه القانون التالي

ينطبق عليه القانون التالي

$PH = \frac{1}{2} [P_{Kw} - P_{Kb} - \text{Log}C]$

$POH = P_{Kb} + \text{Log} \frac{[salt]}{[base]}$

$P_{Kw} = 14$

$P_{Kb} = -\text{Log}K_b$

$P_{Kb} = -\text{Log}K_b$

$= -(\text{Log}1.8 \times 10^{-5})$

$P_{Kb} = -(\text{Log}1.8 \times 10^{-5})$

$P_{Kb} = -(\text{Log}1.8 + \text{Log}10^{-5})$

$P_{Kb} = -(\text{Log}1.8 + \text{Log}10^{-5})$

$P_{Kb} = -(0.26 - 5) = 4.74$

$P_{Kb} = -(0.26 - 5) = 4.74$

$[المح] = 0.04M$   $[القاعدة] = 0.02 M$

$[المح] = 0.05 = 5 \times 10^{-2} M$

$POH = 4.74 + \text{Log} \frac{0.04}{0.02}$

$\text{Log} C = \text{Log} 5 \times 10^{-2}$

$POH = 4.74 + \text{Log}2$

$\text{Log} C = \text{Log} 5 + \text{Log}10^{-2}$

$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

$\text{Log} C = 0.7 - 2 = -1.3$

$PH + POH = 14$

$PH = \frac{1}{2} [14 - 4.74 + 1.3]$

$PH = 14 - POH$

$PH = \frac{10.56}{2} = 5.28$

$PH = 14 - 5.04 = 8.96$







سؤال 3-22 / كم ستكون قيمة PH لمحلول ناتج من مزج 20ml من 0.2M NaOH مع 50ml من 0.1M من  $\text{CH}_3\text{COOH}$

الحل / نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة  
 $K_a = 1.8 \times 10^{-5}$   $\text{Log} 1.8 = 0.26$   $\text{Log} 4 = 0.6$

$$V_2 = V_{\text{CH}_3\text{COOH}} + V_{\text{NaOH}}$$

$$V_2 = 50\text{ml} + 20\text{ml} = 70\text{ml}$$

$$M_1 V_1 (\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 \text{ (بعد الاضافة)}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{70 \text{ mL}} = 0.071 \text{ M}$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$$M_1 V_1 (\text{NaOH}) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (\text{NaOH}) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.2 \text{ M} \times 20 \text{ mL}}{70 \text{ mL}} = 0.057 \text{ M}$$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف اكبر من تركيز القاعدة القوية وعليه المحلول المتكون هو محلول بفر مكون من الملح القاعدي والمتبقي من الحامض الضعيف



$$\begin{array}{ccc} 0.071 & 0.057 & 0 \\ 0.014 & 0 & 0.057 \end{array}$$

ينطبق عليه القانون التالي

$$\text{PH} = \text{PK}_a + \text{Log} \frac{\text{salt}}{\text{acid}}$$

$$\text{PK}_a = -\text{Log} K_a$$

$$\text{PK}_a = -(\text{Log} 1.8 \times 10^{-5})$$

$$\text{PK}_a = -(\text{Log} 1.8 + \text{Log} 10^{-5})$$

$$\text{PK}_a = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$[\text{الملح}] = 0.057 \text{ M} \quad [\text{الحامض}] = 0.014 \text{ M}$$

$$\text{PH} = 4.74 + \text{Log} \frac{0.057}{0.014}$$

$$\text{PH} = 4.74 + \text{Log} 4$$

$$\text{PH} = 4.74 + 0.6 = 5.34$$

سؤال 3-23 عند اضافة 25ml من 0.2M

NaOH مع 50ml من 0.1M من  $\text{CH}_3\text{COOH}$

ماذا ستكون قيمة PH للمحلول الناتج.

$$K_a = 1.8 \times 10^{-5} \quad \text{Log} 1.8 = 0.26 \quad \text{Log} 6.7 = 0.82$$

الحل / نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$$V_2 = V_{\text{CH}_3\text{COOH}} + V_{\text{NaOH}}$$

$$V_2 = 50\text{ml} + 25\text{ml} = 75\text{ml}$$

$$M_1 V_1 (\text{CH}_3\text{COOH}) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 \text{ (بعد الاضافة)}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.1 \text{ M} \times 50 \text{ mL}}{75 \text{ mL}} = 0.067 \text{ M}$$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$$M_1 V_1 (\text{NH}_3) \text{ قبل الاضافة} = M_2 V_2 (\text{NH}_3) \text{ بعد الاضافة}$$

$$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$$

$$M_2 = \frac{0.2 \text{ M} \times 25 \text{ mL}}{75 \text{ mL}} = 0.067 \text{ M}$$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف مساوي لتركيز القاعدة القوية وعليه المحلول الناتج هو ملح قاعدي فقط



$$\begin{array}{ccc} 0.067 & 0.067 & 0 \\ 0 & 0 & 0.067 \end{array}$$

ينطبق عليه القانون التالي

$$\text{PH} = \frac{1}{2} [\text{P}_{K_w} + \text{P}_{K_a} + \text{Log} C]$$

$$\text{PK}_w = 14$$

$$\text{PK}_a = -\text{Log} K_a$$

$$\text{PK}_a = -(\text{Log} 1.8 \times 10^{-5})$$

$$\text{PK}_a = -(\text{Log} 1.8 + \text{Log} 10^{-5})$$

$$\text{PK}_a = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$[\text{الملح}] = 0.067 = 6.7 \times 10^{-2} \text{ M}$$

$$\text{Log} C = \text{Log} 6.7 \times 10^{-2}$$

$$\text{Log} C = \text{Log} 6.7 + \text{Log} 10^{-2} = 0.82 - 2 = -1.18$$

$$\text{PH} = \frac{1}{2} [14 + 4.74 - 1.18]$$

$$\text{PH} = \frac{17.56}{2} = 8.78$$

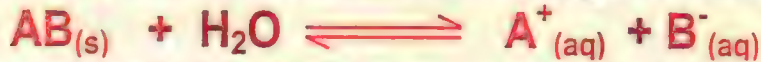


## الذوبانية وثابت حاصل الاذابة

**الذوبانية :** هي عدد مولات المادة الصلبة التي تذوب في لتر واحد من المحلول اي انها تمثل حالة اتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة.

- س/ على ماذا يعتمد قابلية الذوبان لكل مادة ايونية خاصة الاملاح في الماء.**  
**ج/ 1- الفرق في مقدار الطاقة اللازمة لكسر الاواصر بين الايونات المكونة للمادة**  
**2- مقدار ما ينتج من طاقة نتيجة انتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها.**

يمكن وصف عملية ذوبان مركب ايوني في الماء بالصورة التالية وايجاد الثابت له ايضا



و لكون المركب شحيح الذوبان في الماء لذا يمكن اعتبار قيمة  $AB$  تبقى ثابتة لا تتغير لتفكك جزء صغير منها وايضا كما هو معلوم قيمة الماء ثابتة ايضا لذا يدخلان مع قيمة ثابت الحاصل الايوني.

$$K_{sp} = [A^{+}][B^{-}]$$

$K_{sp}$  (هو ثابت حاصل الذوبان وهو قيمة ثابتته عند ثبوت درجة الحرارة يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية للايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان عند حالة الاتزان كل منها مرفوع لاس مساو لعدد المولات بالمعادلة الكيميائية الموزونة والتي تعبر عن تفكك المركب)

- س/ ماذا نقصد بالذوبانية المولارية وكيف يمكن تحويل الذوبانية بوحدة g/L الى الذوبانية المولارية.**  
**ج/ وهي التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ووحدتها (mol/L) ويرمز لها (S) وتحول من الغرامية الى وحدتها باستخدام القانون.**

$$S_{(mol/L)} = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

**ولإيجاد التركيز الغرامي من المولاري يصبح القانون بالصورة التالية**

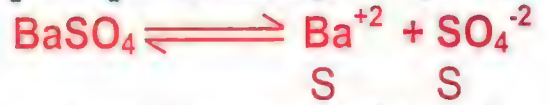
$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

### س / اكتب التعبير لثابت حاصل الاذابة لأملاح

(أ) ملح أحادي - أحادي التكافؤ أو ثنائي - ثنائي التكافؤ مثل  $AgCl$  أو  $BaSO_4$



$$K_{SP} = [Ag^{+}][Cl^{-}] = S \times S \Rightarrow K_{SP} = S^2$$



$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] = S \times S \Rightarrow K_{SP} = S^2$$

(ب) ملح أحادي - أحادي التكافؤ أو ثنائي - ثنائي التكافؤ مثل  $Zn(OH)_2$  أو  $CaF_2$



$$K_{SP} = [Ca^{+2}][F^{-}]^2 = S \times (2S)^2 \Rightarrow K_{SP} = 4S^3$$



$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^{-}]^2 = S \times (2S)^2 \Rightarrow K_{SP} = 4S^3$$



ملاحظات حسابية قبل الدخول الى مسائل الذوبانية.

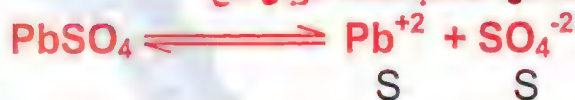
- 1- القواعد أعلاه تطبق على الاملاح شحيحة الذوبان.
- 2- نحن نعرف ان هذا الملح شحيح الذوبان عندما يعطي في السؤال قيمة  $K_{sp}$  او تكون مجهولة. او حينما يطلب حاصل الذوبان (الاذابة)
- 3- معادلة ملح شحيح الذوبان تتطلب  $\rightleftharpoons$
- 4- للتذكير الذوبانية تكون بالتركيز المولاري (mol/L) وعندما تعطي بوحدة التركيز الغرامي g/L تحول وفق هذه العلاقة

$$S(\text{mol/L}) = \frac{S(\text{g/L})}{M(\text{g/mol})}$$

الاسئلة والتمارين والامثلة الخاصة بالتطبيق المباشر لمسائل الذوبانية

**مثال (17-3)** ما هي الذوبانية المولارية لمحلول ملح كبريتات الرصاص  $\text{PbSO}_4$  اذا علمت ان حاصل الذوبان لهذا الملح  $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-8}$ . (للفائدة  $\sqrt{1.6} = 1.26$ )

**الحل / نكتب معادلة ذوبان الملح**



$$K_{sp} = [\text{Pb}^{+2}][\text{SO}_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$S^2 = 1.6 \times 10^{-8}$$

$$S = 1.26 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

**تمرين (17-3)** احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة g/L لمحلول  $\text{AgCl}$  الفضة (علمنا ان  $M = 143.5 \text{ g/mol}$ )

حاصل الذوبان للملح  $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-10}$

(للفائدة  $\sqrt{1.8} = 1.34$ )

**الحل / نكتب معادلة ذوبان الملح**



$$K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$S^2 = 1.8 \times 10^{-10}$$

$$S = 1.34 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

**نجد الذوبانية بدلالة g/L من العلاقة التالية**

$$S(\text{g/L}) = S(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol})$$

$$S(\text{g/L}) = 1.34 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 143.5 \text{ g/mol}$$

$$= 1.93 \times 10^{-3} \text{ g/L}$$

**تمرين (16-3)** اذا علمت ان لتر واحد من محلول

كرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $M = 332 \text{ g/mol}$ )

يحتوي 0.0215 g احسب ثابت حاصل الذوبان

لهذا الملح.

**الحل / نحول الوحدات الى وحدات المولارية**

$$S(\text{mol/L}) = \frac{S(\text{g/L})}{M(\text{g/mol})} = \frac{0.0215 \text{ g/L}}{332 \text{ g/mol}} = \frac{0.02150 \text{ g/L}}{332 \text{ g/mol}}$$

$$= \frac{2150 \times 10^{-5}}{332} = 6.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$



$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$

$$K_{sp} = 4(6.5 \times 10^{-5})^3$$

$$K_{sp} = 1098.5 \times 10^{-15} = 1.098 \times 10^{-12}$$

**مثال (18-3)** احسب قيمة ثابت حاصل الاذابة

$K_{sp}$  لملح كبريتات الباريوم  $\text{BaSO}_4$

(233 g/mol) اذا علمت ان لتر واحد من محلوله

المشبع يحتوي 0.0025 g من الملح.

**الحل / نحول الوحدات الى وحدات المولارية**

$$S(\text{mol/L}) = \frac{S(\text{g/L})}{M(\text{g/mol})} = \frac{0.0025 \text{ g/L}}{233 \text{ g/mol}} = \frac{0.00250 \text{ g/L}}{233 \text{ g/mol}}$$

$$S(\text{mol/L}) = \frac{250 \times 10^{-5}}{233} = 1.1 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$



$$K_{sp} = [\text{Ba}^{+2}][\text{SO}_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$K_{sp} = (1.1 \times 10^{-5})^2$$

$$K_{sp} = 1.21 \times 10^{-10}$$



## الذوبانية والترسيب للمركب شحيح الذوبان (الحاصل الايوني)

**الحاصل الايوني :** هو حاصل ضرب تراكيز الايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان مرفوع الى أس مساو الى عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة وليس بالضرورة ان يكون في حالة اتزان.

**مقارنة الحاصل الايوني مع  $K_{sp}$  (الخلاصة)**

الحاصل الايوني  $K_{sp} <$  التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني  $K_{sp} >$  التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني  $K_{sp} =$  المحلول مشبع سرعة الذوبان = سرعة الترسيب.

## ملاحظات حسابية عن الحاصل الأيوني.

مسائل الحاصل الأيوني نوعين نوع يذكر فيه عبارة احسب **ادنى تركيز** او **اقل** دالة حامضية او قاعدية والنوع الآخر يذكر فيه **عبارة هل يترسب**

**النوع الاول:**

**اولا :- علامات هذا النوع**

**أ -** يذكر فيه عبارة ما هو ادنى او ما اقل وعبارة لبدا الترسيب لو ليبدأ راسب كذا بالظهور.

**ب -** من علامات السؤال الاخرى يعطي  $K_{sp}$  او  $PK_{sp}$  وتركيز ايون معلوم والايون الاخر تركيزه مجهول.

**ثانيا :- خطوات حل هذا النوع.**

**أ -** يجب التأكد ان تركيز الايون المعطى بوحدة  $mol/L$  حيث اذا كان بتركيز  $g/mol$  يحول الى وحدة  $mol/L$

**ب -** نكتب معادلة تفكك المادة الشحيحة الذوبان ونطبق قانون ال  $K_{sp}$  مباشرة دون وضع رمز ال  $S$  تحت الايونات المتفككة.

**ج -** من تركيز الايون المعلوم وقيمة ال  $K_{sp}$  نستخرج تركيز الايون المجهول وهو ادنى تركيز لبدا الترسيب.

**النوع الثاني:**

**اولا :- علامات هذا النوع**

**أ -** يذكر فيه عبارة هل يترسب او يظهر راسب او هل تتوقع ان تترسب

**ب -** من علامات السؤال الاخرى يعطي  $K_{sp}$  او  $PK_{sp}$  وتركيزي الايونين الناتجين من التفكك معلومين والايون الاخر

**ثانيا :- خطوات حل هذا النوع.**

**أ -** يجب التأكد ان تراكيز الايونات المعطاة بوحدة  $mol/L$  حيث اذا كانا بتركيز  $g/mol$  يحول الى وحدة  $mol/L$

**ب -** نكتب معادلة تفكك المادة الشحيحة الذوبان ومن التراكيز المعطاة نستخرج **الحاصل الايوني**.

**ج -** نعمل مقارنة بين  $K_{sp}$  والحاصل الايوني حيث

الحاصل الايوني  $K_{sp} <$  التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني  $K_{sp} >$  التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني  $K_{sp} =$  المحلول مشبع

حتى نستطيع ان نكمل عملنا بصورة افضل مهما نمر به من مصاعب وفشل، لابد من وجود تشجيع وحافز داخلي تابع من انفسنا يقوينا مهما سقطنا، نحفرنا مهما كانت الظروف، والا سوف نقع باول حفرة تواجهنا



**مثال (19-3)** إذا علمت ان تركيز الفلوريد في محلول  $\text{CaF}_2$  يساوي  $2 \times 10^{-2} \text{ M}$  أحسب ادنى تركيز من أيون الكالسيوم  $\text{Ca}^{+2}$  يكون لازماً وجوده في المحلول لبدء ترسيب ملح فلوريد الكالسيوم  $K_{sp} = (4.9 \times 10^{-11})$

الحل / نكتب معادلة تفكك  $\text{CaF}_2$



$$K_{sp} = [\text{Ca}^{+2}][\text{F}^-]^2$$

$$[\text{Ca}^{+2}] = \frac{K_{sp}}{(\text{F}^-)^2}$$

$$[\text{Ca}^{+2}] = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{(2 \times 10^{-2})^2} = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{4 \times 10^{-4}} = 1.225 \times 10^{-7} \text{ M}$$

**تمرين 19-3** ما هي أقل دالة حامضية PH لمحلول يحتوي ايون الحديد الثلاثي بتركيز  $2 \times 10^{-10} \text{ M}$  التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد الثلاثي  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  بالظهور في المحلول علماً ان  $K_{sp} = 5 \times 10^{-38}$  (علماً ان  $\sqrt[3]{250} = 6.3$  ) ( $\text{Log} 1.58 = 0.2$ )

الحل / نكتب معادلة تفكك  $\text{Fe}(\text{OH})_3$



$$K_{sp} = [\text{Fe}^{+3}][\text{OH}^-]^3$$

$$[\text{OH}^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(\text{Fe}^{+3})}$$

$$[\text{OH}^-]^3 = \frac{5 \times 10^{-38}}{2 \times 10^{-10}}$$

$$[\text{OH}^-]^3 = 2.5 \times 10^{-28}$$

$$[\text{OH}^-]^3 = 250 \times 10^{-30} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^-] = 6.3 \times 10^{-10} \text{ M}$$

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[6.3 \times 10^{-10}]} = \frac{10 \times 10^{-15}}{[6.3 \times 10^{-10}]} = 1.58 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{PH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

$$\text{PH} = -(\text{Log } 1.58 \times 10^{-5})$$

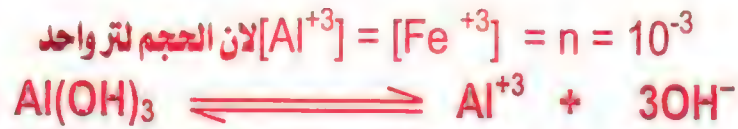
$$\text{PH} = -(\text{Log } 1.58 + \text{Log } 10^{-5})$$

$$\text{PH} = -(0.2 - 5) = 4.8$$



تمرين (20-3) محلول حجمه لتر يحتوي  $0.001 \text{ mol}$  من كل من ايونات  $\text{Al}^{+3}$  و  $\text{Fe}^{+3}$  أضيفت اليه كمية من  $\text{NaOH}$  بين رياضيا ايهما يترسب أولا  $\text{Al(OH)}_3$  او  $\text{Fe(OH)}_3$  ولماذا  
 علما ان  $\sqrt[3]{50} = 3.7$   $\sqrt[3]{350} = 7.04$   $K_{sp} \text{ Al(OH)}_3 = 3.5 \times 10^{-34}$   $K_{sp} \text{ Fe(OH)}_3 = 5 \times 10^{-38}$

الحل /



$$K_{sp} = [\text{Al}^{+3}][\text{OH}]^3$$

$$[\text{OH}]^3 = \frac{K_{sp}}{(\text{Al}^{+3})}$$

$$[\text{OH}]^3 = \frac{3.5 \times 10^{-34}}{(10^{-3})}$$

$$[\text{OH}]^3 = 3.5 \times 10^{-31}$$

$$[\text{OH}]^3 = 3.50 \times 10^{-31}$$

$$[\text{OH}]^3 = 350 \times 10^{-33}$$

$$[\text{OH}] = 7.04 \times 10^{-11} \text{ M}$$



$$K_{sp} = [\text{Fe}^{+3}][\text{OH}]^3$$

$$[\text{OH}]^3 = \frac{K_{sp}}{(\text{Fe}^{+3})}$$

$$[\text{OH}]^3 = \frac{5 \times 10^{-38}}{(10^{-3})}$$

$$[\text{OH}]^3 = 5 \times 10^{-35}$$

$$[\text{OH}]^3 = 50 \times 10^{-36}$$

$$[\text{OH}] = 3.7 \times 10^{-12} \text{ M}$$

$\text{Fe(OH)}_3$  يترسب أولا لانه الأقل ذوبانية

تابعونا على التليگرام

@iQRES





**تمرين (3-21)** محلول من نترات الفضة  $\text{AgNO}_3$  تركيزه  $0.01\text{M}$  وحجمه  $20\text{mL}$  اضيف الى  $0.05\text{M}$  محلول كرومات البوتاسيوم  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  حجمه  $80\text{mL}$  بين هل تترسب كرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  علما ان  $K_{\text{sp}} \text{Ag}_2\text{CrO}_4 = 1.1 \times 10^{-12}$

الحل / نحسب تركيز نترات الفضة الجديد بعد الاضافة

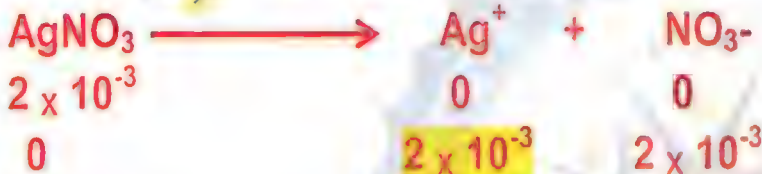
$$V_2 = V_{\text{AgNO}_3} + V_{\text{K}_2\text{CrO}_4}$$

$$V_2 = 20\text{ml} + 80\text{ml} = 100\text{ml}$$

$$M_1 V_1 (\text{AgNO}_3) \text{ قبل الإضافة} = M_2 V_2 \text{ (بعد الإضافة)}$$

$$0.01\text{M} \times 20\text{ml} = M_2 \times 100\text{ml}$$

$$M_2 = \frac{0.01\text{M} \times 20\text{mL}}{100\text{mL}} = \frac{0.2\text{M}}{100} = \frac{2\text{M}}{1000} = 0.002 = 2 \times 10^{-3}\text{M}$$



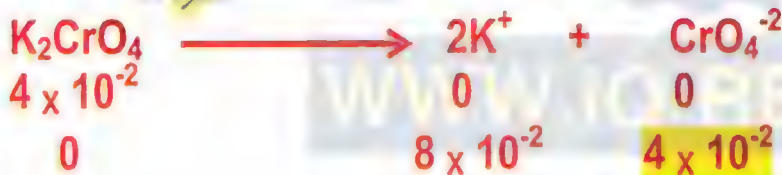
الاملاح في محاليلها المائية قوية تفكك تام

نحسب تركيز كرومات البوتاسيوم الجديد بعد الاضافة

$$M_1 V_1 (\text{K}_2\text{CrO}_4) \text{ قبل الإضافة} = M_2 V_2 \text{ (بعد الإضافة)}$$

$$0.05\text{M} \times 80\text{ml} = M_2 \times 100\text{ml}$$

$$M_2 = \frac{0.05\text{M} \times 80\text{mL}}{100\text{mL}} = \frac{4\text{M}}{100} = 0.04 = 4 \times 10^{-2}\text{M}$$



الاملاح في محاليلها المائية قوية تفكك تام

نجد الحاصل الايوني ل  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$



$$\text{الحاصل الايوني} = [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$\text{الحاصل الايوني} = [2 \times 10^{-3}]^2 [4 \times 10^{-2}] = 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-2}$$

$$\text{الحاصل الايوني} = 16 \times 10^{-8}$$

الحاصل الايوني  $K_{\text{sp}} <$  المحلول يترسب





**سؤال 3-29** ان تركيز ايون الكالسيوم ( $M = 40 \text{ g/mol}$ ) في بلازما الدم  $0.1 \text{ g/L}$  فاذا كان تركيز الاوكزالات  $M = 1 \times 10^{-7}$  هل تتوقع ان تترسب او كزالات الكالسيوم  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  علما ان  $\text{PK}_{\text{sp}} = 8.64$  (للفائدة  $\text{Log } 2.3 = 0.36$ )

الجواب/ نحسب الحاصل الايوني لكن يجب ايجاد الذوبانية المولارية لأيون الكالسيوم

$$S \text{ (mol/L)} = \frac{S \text{ (g/L)}}{M \text{ (g/mol)}} = \frac{0.1 \text{ g/L}}{40 \text{ g/mol}} = \frac{1}{400} = 0.0025 = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

معادلة تفكك او كزالات الكالسيوم



$$\text{الحاصل الايوني} = [\text{Ca}^{+2}] [\text{C}_2\text{O}_4^{-2}]$$

$$\text{الحاصل الايوني} = 2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-7}$$

$$\text{الحاصل الايوني} = 2.5 \times 10^{-10}$$

نجد قيمة  $K_{\text{sp}}$  من  $\text{PK}_{\text{sp}}$

$$K_{\text{sp}} = 10^{-\text{PK}_{\text{sp}}}$$

$$K_{\text{sp}} = 10^{-8.64 + 9 - 9}$$

$$K_{\text{sp}} = 10^{0.36 - 9}$$

$$K_{\text{sp}} = 10^{0.36} \times 10^{-9}$$

$$K_{\text{sp}} = 2.3 \times 10^{-9}$$

نلاحظ قيمة الحاصل الايوني أقل من قيمة  $K_{\text{sp}}$  وعليه لا يترسب او كزالات الكالسيوم

## العوامل المؤثرة على الذوبانية

1- تأثير درجة الحرارة 2- تأثير الايون المشترك 3- تأثير الاس الهيدروجيني.

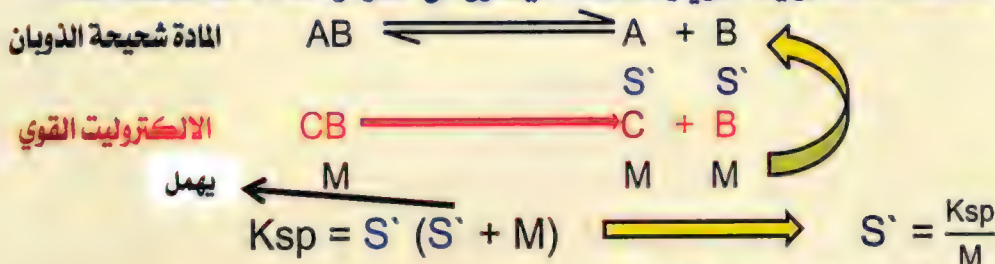
1. تأثير درجة الحرارة :- تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة لكن الزيادة تختلف من مادة الى اخرى

2- تأثير الأيون المشترك :- حسب قاعدة لي شاتليه يمكن للاملاح شحيحة الذوبان ان تنخفض بوجود زيادة من ايونات مشتركة لهذه المادة في المحلول وبالتالي التحكم بعملية ذوبان الراسب.

خطوات حل مسائل الايون المشترك بالذوبانية. (الطريقة المباشرة)

1. نكتب معادلة تفكك المادة شحيحة الذوبان ونجد له الذوبانية في الماء النقي (او محلوله المشبع) بالطرق الاعتيادية.

2. في الخطوة الثانية نكتب معادلة تفكك المادة شحيحة الذوبان لكن نفرض هنا للذوبانية رمز  $S'$  او  $S''$  ونكتب معادلته نكتب معادلة تفكك الالكتروليت القوي وتفككه سيكون من خطوة واحدة. لاحظ المخطط ادناه



ونذكر دائما هذه العبارة ان الذوبانية قلت بوجود الايون المشترك



الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بتأثير الايون المشترك على الذوبانية

مثال (20-3) ما هي الذوبانية المولارية لملاح يودات الباريوم  $K_{sp} = 1.57 \times 10^{-9}$   $Ba(IO_3)_2$

(أ) في الماء النقي ب) في محلول  $KIO_3$  تركيز  $0.02M$  ؟ ثم ناقش النتائج

علما ان  $\sqrt[3]{0.3925} = 0.73$

الحل / أ) في الماء النقي



$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^{-}]^2$$

$$K_{SP} = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

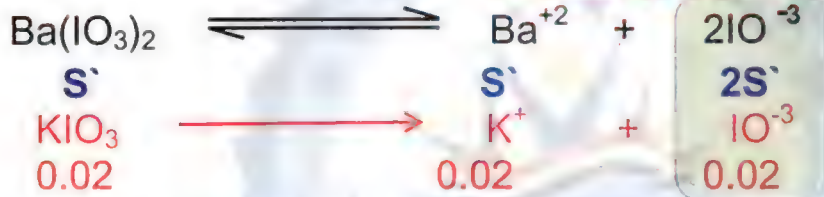
$$S^3 = \frac{K_{SP}}{4} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$

بأخذ التكعيبي

$$S = 0.73 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4} M$$

الذوبانية في الماء النقي

ب) في محلول  $KIO_3$  الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.



$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^{-}]^2$$

$$K_{SP} = (S') (0.02 + 2S')^2$$

بهمل

$$S' = \frac{K_{sp}}{(0.02)^2} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-4}}$$

$$S' = \frac{15.7 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6} M$$

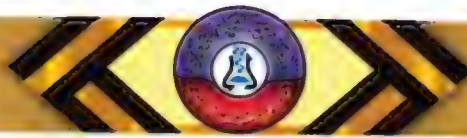
الذوبانية بوجود الايون المشترك

نلاحظ ذوبانية يودات الباريوم قد انخفضت بوجود الايون المشترك



موقع طلاب العراق





**سؤال (15-3)** ما ذوبانية  $BaSO_4$  في محلول مائي مشبع منه علما ان  $K_{sp} = 1.6 \times 10^{-10}$  وما ذوبانيته بعد اضافة 1ml من  $H_2SO_4$  تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه

علما ان  $\sqrt{1.6} = 1.26$

الجـ ل / أ في المحلول المائي المشبع



$$K_{SP} = [Ba^{+2}] [SO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = (S) \times (S) = S^2$$

$$S^2 = 1.6 \times 10^{-10}$$

$$S = 1.26 \times 10^{-5} M$$

الذوبانية في المحلول المائي المشبع

ب ( في محلول  $H_2SO_4$  الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

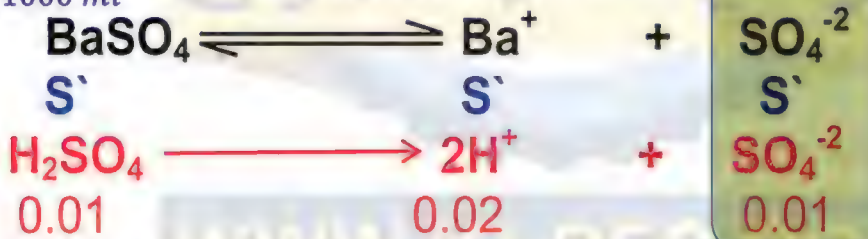
نجد أولا تركيز أكامض بعد الاضافة.

$$V_{(ml)} \text{ المحلول المائي} = 1L \times 1000 \text{ ml/L} = 1000 \text{ ml}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$10 M \times 1 \text{ ml} = M_2 \times 1000 \text{ ml}$$

$$M_2 = \frac{10 M \times 1 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} = 0.01 M [H_2SO_4]$$



$$K_{SP} = [Ba^{+2}] [SO_4^{-2}]$$

$$K_{SP} = (S`) (0.01 + S`) =$$

يُعمل

$$S' = \frac{K_{SP}}{(0.01)}$$

$$S' = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{10^{-2}} = 1.6 \times 10^{-8} M$$

نلاحظ ان ذوبانية كبريتات الباريوم قلت بوجود الايون المشترك



**سؤال ( 3-19 )** أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لملح كبريتات الفضة  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$

**$K_2SO_4$  (M= 314 g/mol)  $PK_{sp}=4.92$  (أ) في الماء النقي ب) 0.15M كبريتات البوتاسيوم**

علما ان  $(\sqrt[2]{0.2}=0.44)$   $(\sqrt[3]{3}=1.42)$   $(\text{Log } 1.2 = 0.08)$

## الحمل / أ) في الماء النقي



$$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4^{2-}]$$

$$K_{SP} = (2S)^2 \times (S) = 4S^3$$

$$K_{sp} = 10^{-PK_{sp}}$$

$$K_{sp} = 10^{-4.92 + 5 - 5}$$

$$K_{sp} = 10^{0.08 - 5}$$

$$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$$

$$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$

$$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{4} = \frac{12 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-6}$$

بالجذر التكعيبي

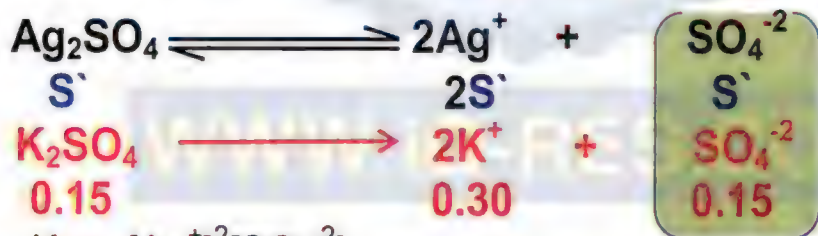
$S = 1.42 \times 10^{-2} = 0.0142 \text{ M}$  **الذو بانيت في الماء النقي**

وكمساب الذوبانية بوحدة g/L نستخدم هذه العلاقة

$$S(\text{g/L}) = S(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol})$$

$$S(\text{g/L}) = 0.0142 \times \text{mol/L} \times 314 \text{g/mol} = 4.46 \text{ g/L}$$

(ب) فی محلول  $K_2SO_4$  الذی هو الکترولیت قوی یتأین بشكل تام.



$$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4^{2-}]$$

$$K_{SP} = (2S')^2 (0.15 + S') = 4S'^2 \times 0.15 = 0.6 S'^2$$

بسم الله الرحمن الرحيم

$$S^{*2} = \frac{K_{sp}}{(0.6)} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{0.6} = 2 \times 10^{-5} = 0.2 \times 10^{-4}$$

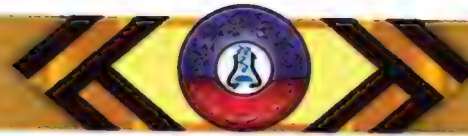
بأخذ الجذر التربيعي

$S' = 0.44 \times 10^{-2} = 4.4 \times 10^{-3} \text{ M}$  الذوبانية بوجود الأيون المشترك

$$S(\text{g/L}) = S(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol})$$

$$S(\text{g/L}) = 4.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \times 314 \text{ g/mol} = 1.38 \text{ g/L}$$





**تمرين 22-3** قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح  $\text{MgF}_2 = 6.5 \times 10^{-9}$

(أ) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي.

(ب) احسب الذوبانية في محلول  $\text{NaF}$  القوي بتركيز  $0.1\text{M}$  ؟ ثم قارن بين النتيجتين.

للفائدة ( $\sqrt[3]{1.625}=1.18$ )

(الاجوبة) في الماء النقي  $S = 1.18 \times 10^{-3}\text{M}$  في الايون المشترك  $S' = 6.5 \times 10^{-7}\text{M}$

الحل / واجب





تمرين (18-3) احسب pH لمحلول حامض الكبريتيك  $H_2SO_4$  قبل وبعد إضافة 1 mL منه الى لتر من محلول مشبع  $PbSO_4$  لتغيير ذوبانية المحلول المشبع من  $1.26 \times 10^{-4} M$  الى  $3.2 \times 10^{-6} M$

الحل

الآن نحسب  $H_2SO_4$  قبل الإضافة  
 قبل الإضافة  $V = 1 L \times 1000 mL/L = 1000 mL$

بعد الإضافة  $V_1 M_1 = V_2 M_2$   
 قبل الإضافة  
 $1 mL \times M_1 = 1000 mL \times 0.005 M$   
 بعد الإضافة  $M_1 = 5 M = [H_2SO_4]$

حساب pH

أولاً: قبل الإضافة

$[H^+] = 2 \times 5 M$   
 $[H^+] = 10 M$   
 $pH = -\log H^+$   
 $pH = -\log 10$   
 $pH = -1$

ثانياً: بعد الإضافة

$[H^+] = 2 \times 0.005 M$   
 $[H^+] = 0.010 M$   
 $[H^+] = 10^{-2} M$   
 $pH = -\log H^+$   
 $pH = -\log 10^{-2}$   
 $pH = 2$

نحسب  $K_{sp}$  من ذوبانية المحلول المشبع



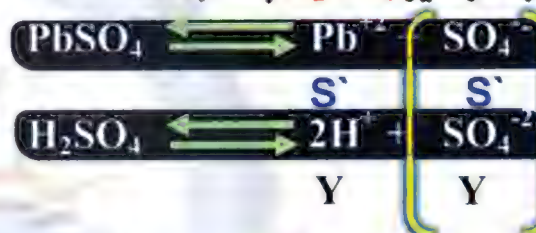
$$K_{sp} = [Pb^{+2}] [SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S \rightarrow K_{sp} = S^2$$

$$K_{sp} = (1.26 \times 10^{-4})^2$$

$$K_{sp} = 1.59 \times 10^{-8} \rightarrow K_{sp} \cong 1.6 \times 10^{-8}$$

الآن نجد تركيز  $H_2SO_4$  بعد الإضافة



$$K_{sp} = [Pb^{+2}] [SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = [S] [S + Y]$$

يهمل

$$Y = \frac{K_{sp}}{S}$$

$$Y = \frac{1.6 \times 10^{-8}}{3.2 \times 10^{-6}}$$

$$Y = 0.5 \times 10^{-2}$$

$$Y = 0.005 M = [H_2SO_4] \text{ بعد الإضافة}$$



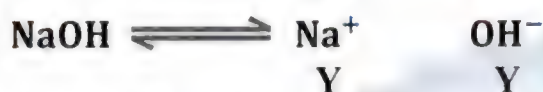


**تمرين (23-3)** محلول مشبع من  $Mg(OH)_2$  وحجمه 1 لتر ومحلول آخر مشبع من  $Zn(OH)_2$  وحجمه 1

لتر ما عدد مولات  $NaOH$  الواجب اضافتها الى احد المحلولين كي تصبح ذوبانية المحلولين متساوية علما ان:

$$K_{sp}Mg(OH)_2 = 1.8 \times 10^{-11}, K_{sp}Zn(OH)_2 = 1.2 \times 10^{-17}, \sqrt[3]{4.5} = 1.65, \sqrt[3]{3} = 1.44$$

الان نضيف  $NaOH$  الى المحلول الأكبر ذوبانية كي تتساوى ذوبانيته مع الأصغر:



$$K_{sp} = [Mg^{+2}] [OH^{-}]^2$$

$$K_{sp} = [S] [Y + 2S]_{\text{يهمل}}^2$$

$$S'^2 = \frac{K_{sp}}{Y} = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{1.44 \times 10^{-6}}$$

$$S'^2 = 1.25 \times 10^{-5} = 12.5 \times 10^{-6}$$

نجد الطرفين

$$S' = 3.5 \times 10^{-3} M = 0.0035 \text{ mol}$$

لان الحجم لتر واحد



$$K_{sp} = [Mg^{+2}] [OH^{-}]^2$$

$$K_{sp} = (S) (2S)^2$$

$$K_{sp} = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$

$$S^3 = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{4} = \frac{18 \times 10^{-12}}{4}$$

$$S^3 = 4.5 \times 10^{-12} M$$

$$S = 1.65 \times 10^{-4} M$$



$$K_{sp} = [Zn^{+2}] [OH^{-}]^2$$

$$K_{sp} = (S) (2S)^2$$

$$K_{sp} = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$

$$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = \frac{12 \times 10^{-18}}{4}$$

$$S^3 = 3 \times 10^{-18} M$$

$$S = 1.44 \times 10^{-6} M (Y)$$

فكرة عن هذا السؤال

1- نجد ذوبانية كل محلول على حدة

2- نضيف  $NaOH$  الى المحلول الأكبر ذوبانية

لعلنا ان الذوبانية تقل بوجود الايون المشترك.

3- نعوض عن قيمة  $S'$  في خطوة الإضافة قيمة

ذوبانية المحلول الأقل ذوبانية.

الخلاصة المهمة لهذا السؤال في خطوة إضافة

$NaOH$  نأخذ صيغة محلول الذوبانية الأكبر

ورقم ذوبانية المحلول الأصغر  $S'$

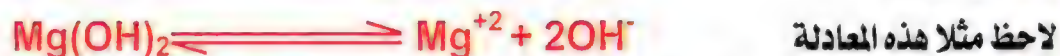


لنجاح يجذب النجاح، ليس هناك مفر من هذا القانون الكوني العظيم، لذلك، إذا رغبت في جذب النجاح فاحرص على تحقيق جزءاً منه، سواء كنت عاملاً بالأجر أو أميراً.





3- تأثير الأس الهيدروجيني : تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز  $H^+$  خاصة المواد التي يشكل ايون الهيدروكسيد أحد مكوناته مثل هيدروكسيد المغنسيوم  $Mg(OH)_2$  حيث تتغير مقدار ذوبانية هذه المواد مع تغير قيم PH للمحلول.



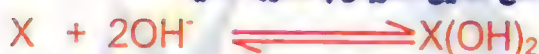
عند اضافة حامض لهذا المحلول المشبع يؤدي الى اتحاد ايونات  $H^+$  مع ايونات  $OH^-$  لتكوين جزيئات الماء وهذا يؤدي الى اختلال في عملية التوازن ولتعويض النقص الحاصل في ايونات  $OH^-$  تتفكك المزيد من جزيئات المركب (اي زيادة في الذوبانية) اما عند اضافة قاعدة تقل الذوبانية.

### ملاحظات حسابية لحل مسائل تأثير الاس الهيدروجيني

حيناً نرى في السؤال ملح يحوي جزيئات  $OH^-$  وايضاً يعطي في السؤال قيمة PH او  $POH$  وقيمة  $K_{sp}$  ويطلب الذوبانية في السؤال فهذا يعني انه تأثير اس هيدروجيني. وخطوات حل السؤال تكون كالآتي

1- من قيم PH او  $POH$  نستخرج تركيز  $[OH^-]$  ونضعها تحت ايون الهيدروكسيد دون ضربها في عدد المولات

2- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان بالصورة الآتية



3- سيعطي بالسؤال قيمة  $K_{sp}$  او  $PK_{sp}$  نحولها ونطبق القانون

$$K_{sp} = [X][OH^-]^2$$

$$K_{sp} = [S][\text{القيمة المستخرجة}]^2$$

$$S = \frac{K_{sp}}{(\text{القيمة المستخرجة})^2} = \text{الذوبانية المطلوبة}$$

4- اذا كان المركب  $XOH$  نفس الخطوات لكن بدون تربيع.

مثال ( 3-21 ) أحسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنسيوم  $K_{sp} = 1.8 \times 10^{-11}$  في محلول مائي ثبت حموضته عند  $PH = 10.5$  علماً أن  $\log 3.16 = 0.5$  ؟

الحل / نحسب تركيز  $[H^+]$  من تركيز PH

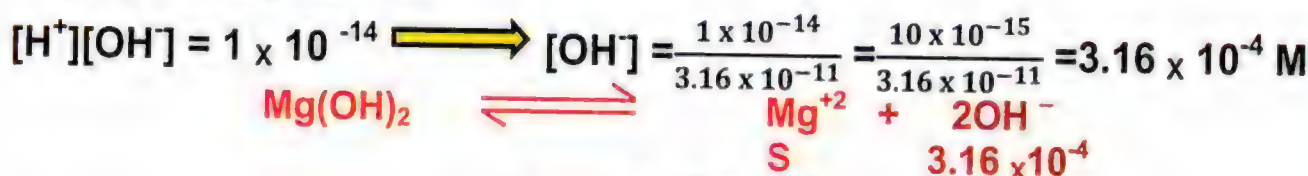
$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-10.5 + 11 - 11}$$

$$[H^+] = 10^{+0.5 - 11}$$

$$[H^+] = 10^{-10.5} \times 10^{-11}$$

$$[H^+] = 3.16 \times 10^{-11} \text{ M}$$



$$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.8 \times 10^{-11} = (S)(3.16 \times 10^{-4})^2$$

$$S = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{(3.16 \times 10^{-4})^2} = \frac{18 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-8}} = 1.8 \times 10^{-4} \text{ M}$$

ذوبانية هيدروكسيد المغنسيوم





**تمرين (24-3) أحسب ذوبانية هيدروكسيد الزنك  $Zn(OH)_2$  في محلول ثبتت**

**حامضيته عند (أ)  $PH = 6$  (ب)  $PH = 9$  ثم ناقش النتائج علماً أن  $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$**

**الحل:**

(أ) عند  $PH = 6$  نحسب تركيز  $[H^+]$  ومنه نحسب تركيز  $[OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-6}$$

$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8} M$$

نكتب الآن معادلة تفكك هيدروكسيد الزنك



$$1 \times 10^{-8}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-8})^2$$

$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-8})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1} M \quad PH = 6 \quad \text{ذوبانية هيدروكسيد الزنك عند}$$

(ب) عند  $PH = 9$  نحسب تركيز  $[H^+]$  ومنه نحسب تركيز  $[OH^-]$

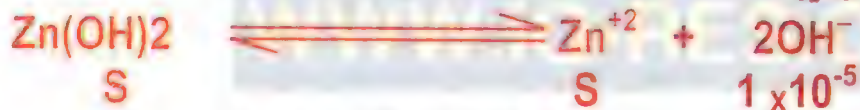
$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-9}$$

$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1 \times 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} M$$

نكتب الآن معادلة تفكك هيدروكسيد الزنك



$$1 \times 10^{-5}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-5})^2$$

$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-5})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7} M \quad PH = 9 \quad \text{ذوبانية هيدروكسيد الزنك عند}$$

المناقشة عند  $PH = 6$  المحلول حامضي و عند  $PH = 9$  المحلول قاعدي وهذه المواد تكون الذوبانية لها أكبر عند  
المحاليل الحامضية بسبب اتحاد أيونات  $H^+$  مع أيونات  $OH^-$  فيحصل نقص بتركيز أيون  $H^+$  فتتفكك المزيد من جزيئات  
المركب أي زيادة بالذوبانية.



## مسائل الفصل الخاصة بالذوبانية

**سؤال (20-3)** ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $M = 332 \text{ g/mol}$ ) التي يمكن ان تذوب في 100ml من الماء المقطر علما ان  $K_{sp} = 1.1 \times 10^{-12}$

$$\sqrt[3]{0.275} = 0.65$$



$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$$

$$1.1 \times 10^{-12} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$

$$\Rightarrow S^3 = \frac{1.1 \times 10^{-12}}{4} = 0.275 \times 10^{-12}$$

ناخذ الجذر التكعيبي

$$S = 0.65 \times 10^{-4} = 6.5 \times 10^{-5} \text{ M}$$

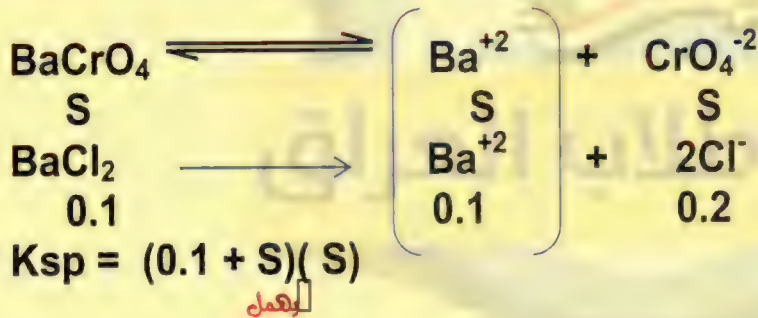
نحسب m من العلاقة التالية  $m = (M(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) \times V(\text{L}))$  وعليه

$$m = 6.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 332 \text{ g/mol} \times 0.1 (\text{L}) = 0.00216 = 2.16 \times 10^{-3} \text{ g}$$

**سؤال (21-3)** ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم  $\text{BaCrO}_4$  في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم القوي يساوي 0.1M اذا علمت ان  $K_{sp}(\text{BaCrO}_4) = 1.2 \times 10^{-10}$

$$K_{sp}(\text{BaCrO}_4) = 1.2 \times 10^{-10}$$

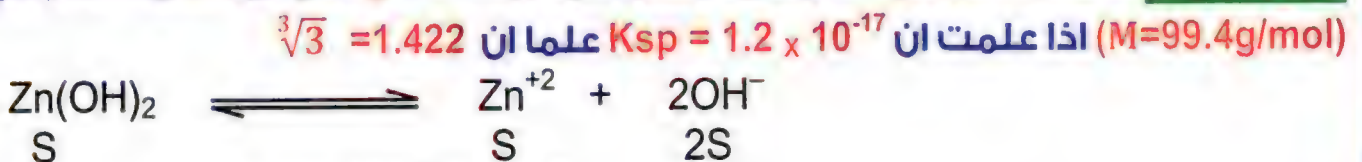
**الحل / نطبق علاقة الايون المشترك مباشرة**



ملاحظة طبقنا علاقة الملح مع الايون المشترك مباشرة لأنه لم يذكر أحسب الذوبانية في الماء المقطر وايضا استخدمنا الرمز S بدل

$$S = \frac{K_{sp}}{0.1} = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{0.1} = 1.2 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

**سؤال (27-3)** احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لهيدروكسيد الزنك ( $M=99.4 \text{ g/mol}$ ) اذا علمت ان  $K_{sp} = 1.2 \times 10^{-17}$  علما ان  $\sqrt[3]{3} = 1.422$



$$K_{sp} = [\text{Zn}^{+2}][\text{OH}^-]^2$$

$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(2S)^2 = 4S^3$$

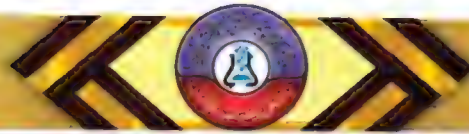
$$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = \frac{12 \times 10^{-18}}{4} = 3 \times 10^{-18}$$

بأخذ الجذر التكعيبي

$$S = 1.422 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$S(\text{g/L}) = S(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) = 1.422 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \times 99.4 \text{ g/mol} = 143.3 \times 10^{-6} \text{ g/L}$$



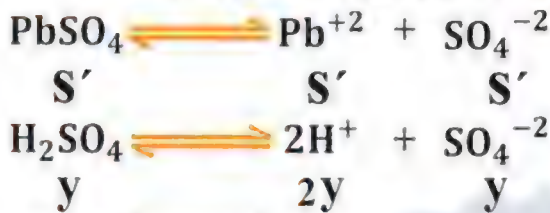


الاثرائيات الخاصة بالذوبانية

تمهيدي 2015: ذوبانية  $PbSO_4$  في محلول مائي مشبع منه  $= 1 \times 10^{-4}$  كم مللتر من حامض الكبريتيك تركيزه  $10\text{ M}$  الواجب اضافته الى لتر من المحلول لجعل الذوبانية  $10^{-6}$ .

ج

ثانيا: نجد تركيز  $H_2SO_4$  بوجود  $PbSO_4$ .



$$K_{sp} = [Pb^{+2}] [SO_4^{-2}]$$

$$10^{-8} = (S') (y + S' \text{ يهمل})$$

$$y = \frac{10^{-8}}{S'} = \frac{10^{-8}}{10^{-6}} = 0.01\text{ M} = [H_2SO_4]$$

$$V(\text{mL})_{\text{المحلول المائي}} = 1\text{ L} \times 1000\text{ mL/L}$$

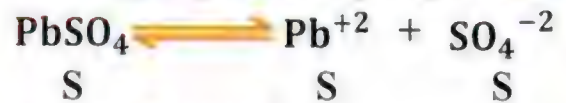
$$V(\text{mL})_{\text{المحلول المائي}} = 1000\text{ mL}$$

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$10\text{ M} \times V_1 = 0.01\text{ M} \times 1000\text{ ml}$$

$$V_1 = \frac{0.01\text{ M} \times 1000\text{ mL}}{10\text{ M}} = 1\text{ mL}$$

اولا: نجد اولاً  $K_{sp}$  في المحلول المائي المشبع:



$$K_{sp} = [Pb^{+2}] [SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S$$

$$K_{sp} = S^2$$

$$K_{sp} = (1 \times 10^{-4})^2$$

$$K_{sp} = 1 \times 10^{-8}$$

تمهيدي 2014: اذا علمت ان الذوبانية المولارية لكرومات الباريوم  $BaCrO_4$  في محلوله المائي المشبع هي  $1.2 \times 10^{-5}\text{ M}$  ما عدد مولات كرومات البوتاسيوم  $K_2CrO_4$  التي يجب اضافتها الى لتر من المحلول لجعل تركيز ايونات الباريوم  $1.44 \times 10^{-8}\text{ M}$ .

WWW.ID-RES.COM

(واجب) والناتج سيكون  $0.01\text{ mol}$

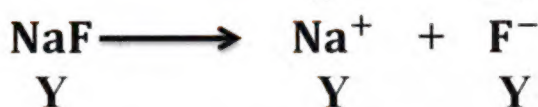


خارج القطر 2015: الذوبانية المولارية لفلوريد المغنيسيوم  $MgF_2$  في محلول  $0.1M$  من فلوريد الصوديوم

$NaF$  تساوي  $6.5 \times 10^{-7} M$  ، احسب الذوبانية المولارية لـ  $MgF_2$  في محلوله المائي المشبع ، علماً

$$\sqrt[3]{1.625} = 1.18$$

نجد أولاً  $K_{sp}$  من تركيز الألكتروليت القوي وذوبانية الملح الشحيح الذوبان



$$K_{sp} = [Mg^{+2}] [F^{-}]^2$$

$$K_{sp} = (S') (Y + 2S')^2$$

$$K_{sp} = (6.5 \times 10^{-7}) (0.1)^2$$

$$K_{sp} = (6.5 \times 10^{-9})$$

الآن نجد ذوبانيته في المحلول المائي المشبع



$$K_{sp} = [S] [2S]^2$$

$$K_{sp} = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$

$$S^3 = \frac{6.5 \times 10^{-9}}{4}$$

$$S^3 = 1.625 \times 10^{-9}$$

$$S = 1.18 \times 10^{-3} M$$

موقع طلبة العراق

WWW.IQ-RES.COM





## حل المتبقي من اسئلة الفصل الثالث

س1/ المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء ايوناته



ا. هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة الجواب / نعم

ب. ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة حرارة  $25^\circ\text{C}$  وكم هو تركيز ايون الهيدروجين وتركيز ايون الهيدروكسيد؟

قيمة ثابت حاصل الايوني للماء  $= 1 \times 10^{-14}$

الجواب/

تركيز ايون الهيدروجين  $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7}$  تركيز ايون الهيدروكسيد  $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$

## س5/ أختار الجواب الصحيح

1- ان عدد مليغرامات يودات الباريوم ( $M = 487\text{g/mol}$ ) و ( $K_{sp} = 1.57 \times 10^{-9}$ ) التي يمكن ان

تذوب في 150ml الماء النقي (ا) 34.4mg (ب) 44.4mg (ج) 53.4mg

الحل



$$K_{SP} = [\text{Ba}^{2+}][\text{IO}_3^-]^2 = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{K_{SP}}{4} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$

بأخذ التكعيبي

$$S = 0.732 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4} \text{ M}$$

الذوبانية في الماء النقي

نحسب m من العلاقة التالية (  $m = (M(\text{mol/L}) \times M(\text{g/mol}) \times V(\text{L}))$  )

$$m = 7.32 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 487 \text{ g/mol} \times 0.15(\text{L}) = 0.0534 \text{ g}$$

$$m(\text{mg}) = 0.0534 \times 1000 = 53.4 \text{ mg}$$

وعليه الجواب يكون فرع ج

2) التراكيز المولارية لأيونات  $\text{Na}^+$  و  $\text{SO}_4^{2-}$  في محلول مائي لكبريتات الصوديوم  $0.4\text{M Na}_2\text{SO}_4$  هي أ-  $[\text{Na}^+] = 0.4$   $[\text{SO}_4^{2-}] = 0.4$  ب-  $[\text{Na}^+] = 0.2$   $[\text{SO}_4^{2-}] = 0.4$  ج-  $[\text{Na}^+] = 0.8$   $[\text{SO}_4^{2-}] = 0.4$



$$\begin{array}{ccc} 0.4 & & 0 \\ 0 & & 0.8 \\ & & 0.4 \end{array}$$

نلاحظ ان التراكيز عند الاتزان  $[\text{Na}^+] = 0.8$   $[\text{SO}_4^{2-}] = 0.4$  وعليه الجواب يكون فرع ج

3. قيم PH و POH لمحلول  $0.05\text{M}$  هيدروكسيد الصوديوم

(ا)  $\text{POH} = 12.7$   $\text{PH} = 1.3$  (ب)  $\text{POH} = 7$   $\text{PH} = 7$  (ج)  $\text{POH} = 1.3$   $\text{PH} = 12.7$



$$\begin{array}{ccc} 0.05 & & 0 \\ 0 & & 0.05 \\ & & 0.05 \end{array}$$

$$\text{POH} = -\text{Log}(\text{OH}^-) = -\text{Log}(5 \times 10^{-2}) = -(\text{Log}5 + \text{Log} 10^{-2})$$

$$\text{POH} = -(0.7 - 2) = 1.3$$

$$\text{PH} = 14 - 1.3 = 12.7$$

وعليه الجواب يكون فرع ج

4) قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم بتركيز  $0.5\text{M}$

(ا) 7 (ب) 9.22 (ج) 4.78 (د) 11.3





سؤال (3-8) اكمل الفراغات في الجدول التالي

رقم المحلل	POH	OH	PH	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>
1	14- 3.84 =10.16	[OH] = 10 <sup>-POH</sup> = 10 <sup>-10.16+11-11</sup> =10 <sup>0.84 -11</sup> =6.9 x 10 <sup>-11</sup> M	3.84	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> = $\frac{1 \times 10^{-14}}{6.9 \times 10^{-11}}$ =1.45 x 10 <sup>-4</sup> M
2	14-12.61 =1.39	[OH] = 10 <sup>-POH</sup> = 10 <sup>-1.39+2-2</sup> =10 <sup>0.61 -2</sup> =4.07 x 10 <sup>-2</sup> M	12.61	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> = $\frac{1 \times 10^{-14}}{4.07 \times 10^{-2}}$ = 2.12 x 10 <sup>-13</sup>
3	2.9	OH <sup>-</sup> = $\frac{1 \times 10^{-14}}{7.94 \times 10^{-12}}$ = 1.26 x 10 <sup>-3</sup> M	14-2.9 =11.1	[H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> ] = 10 <sup>-PH</sup> = 10 <sup>-11.1+12-12</sup> =10 <sup>0.9 -12</sup> =7.94 x 10 <sup>-12</sup> M
4	9.47	واجب الناتج 3.38 x 10 <sup>-10</sup>	واجب الناتج سيكون 4.53	2.95x10 <sup>-5</sup> واجب الناتج

سؤال (3-9) اكمل الفراغات في الجدول التالي

أغلب المحاليل في السؤال تم حلها في أمثلة وتمارين ومسائل الفصل الخاص بالذوبانية مع تغير بسيط في الأرقام

انتهى الفصل الثالث.



WWW.IQ-RES.COM



@IQRES



/IQRES

موقع طلاب العراق





WWW.IQ-RES.COM

الموقع التعليمي الاول على مستوى العراق



موقع طلاب العراق

” ( ... شارك رابط موقعنا ... )  
مع اصدقائك لتعم الفائدة  
ولا تنسونا من صالح دعائكم  
“

نتائج

كتب

ملازم

أخبار

أسئلة

التعليم العالي

وزارة التربية

تابعونا ..



@iQRES



/ iQRES



/ NTAAj.iQ

كل ما ينشر في موقعنا من محتوى هو مجاني ولخدمة الطالب العراقي